

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 août 2005 (25.08.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/078510 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
G02B 27/01, 26/10

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/000287

(22) Date de dépôt international : 9 février 2005 (09.02.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0401311 10 février 2004 (10.02.2004) FR

(71) Déposant et

(72) Inventeur : LIU, Zile [FR/FR]; 76, rue de Grand Vaux,
F-91360 Epinay sur Orge (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : HAMDANI,
Rachid [FR/FR]; 80, rue Victor Hugo, F-94700 Maisons
Alfort (FR).

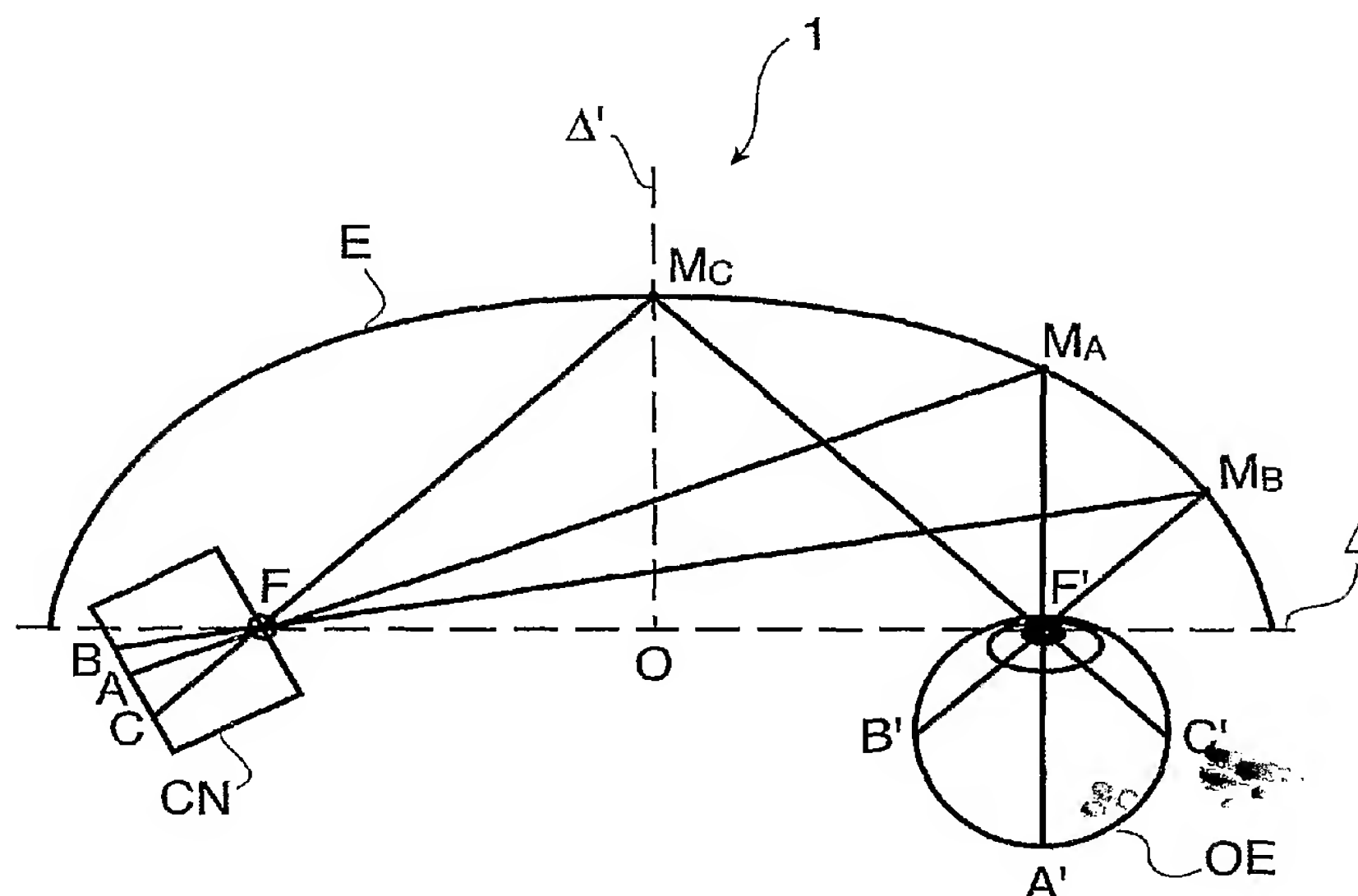
(74) Mandataire : DE SAINT PALAIS, Arnaud; Cabinet
Moutard, 35, rue de la Paroisse, F-78005 Versailles Cedex
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR GENERATING RETINAL IMAGES USING THE STIGMATISM OF THE TWO FOCI
OF A SUBSTANTIALLY ELLIPTICAL SIGHT

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA CREATION D'IMAGES RETINIENNES UTILISANT LE STIGMATISME
DES DEUX FOYERS D'UN DIOPTRE SENSIBLEMENT ELLIPTIQUE



(57) Abstract: A method for generating retinal images using the stigmatism of the two foci (F, F') of a substantially elliptical sight (E) with a semi-reflective surface, wherein a so-called object focus consisting of the diaphragm of a pinhole disc forming the convergence point of an image generated by a light-emitting display or a collimated light source is positioned adjacent to the first focus (F) of the substantially elliptical sight (E), a so-called imagefocus consisting of the pupil or the centre of the user's eye (OE) is positioned adjacent to the second focus (F') of said substantially elliptical sight (E), and the image generated by said light-emitting display or said collimated light source and reflected by the semi-reflective surface of the substantially elliptical sight (E) is projected adjacent to the retina of the user's eye.

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/078510 A2



(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrége :** Procédé pour la création d'images rétinienne utilisant le stigmatisme des deux foyers (F, F') d'un dioptr sensiblement elliptique (E) comportant une surface semi réfléchissante, consistant à effectuer: - un positionnement au voisinage du premier foyer (F) dudit dioptr sensiblement elliptique (E), d'un foyer dit "objet" constitué par le diaphragme d'un sténopé formant point de convergence d'une image générée par un afficheur lumineux, ou par une source lumineuse collimatée, - un positionnement au voisinage du second foyer (F') dudit dioptr sensiblement elliptique (E), d'un foyer dit "image" constitué par la pupille ou le centre de l'œil (OE) de l'observateur, - une projection au voisinage de la rétine de l'œil de l'observateur de l'image générée par ledit afficheur lumineux ou par ladite source lumineuse collimatée, et réfléchi par la surface semi réfléchissante dudit dioptr sensiblement elliptique (E).

**PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA CREATION D'IMAGES
RETINIENNES UTILISANT LE STIGMATISME DES DEUX FOYERS D'UN
DIOPTRE SENSIBLEMENT ELLIPTIQUE.**

La présente invention concerne un procédé pour la création d'images rétiniennes utilisant le stigmatisme des deux foyers d'un dioptre sensiblement elliptique.

Elle a plus particulièrement pour objet de résoudre les problèmes de visualisation, par la rétine de l'œil, de réalités virtuelles ou de réalités augmentées.

D'une façon générale, on sait que de nombreux travaux ont été effectués dans le domaine de l'affichage d'informations superposées à la vision de l'environnement captée par la rétine de l'œil.

Ces procédés, destinés lors des premiers développements dans les années 1960 à des applications militaires, consistent à projeter sur une surface transparente semi réfléchissante des symboles et des informations concernant le pilotage de l'aéronef, c'est-à-dire en l'occurrence une ligne d'horizon, des informations de vitesse, d'altitude et de guidage pour l'approche de la piste d'atterrissage. Ces dispositifs, dits collimateurs tête haute, facilitent le pilotage de l'aéronef en permettant une perception directe du vecteur vitesse, de l'incidence et de la pente potentielle, ainsi qu'un horizon gradué et une piste synthétique avec les informations de positionnement sur le système d'atterrissage automatique. Cette symbologie permet un pilotage intuitif et précis d'approches avec ou

sans visibilité ; elle doit cependant être suffisamment pertinente tout en n'occultant pas le champ de vision réel.

5 L'introduction de ces collimateurs tête haute est effective à ce jour dans les cockpits civils permettant essentiellement de faciliter l'approche et évitant ainsi des perceptions erronées, lors de l'approche à vue, de la hauteur et de la trajectoire dans des conditions atmosphériques particulières.

10 Plus récemment, les constructeurs automobiles développent des dispositifs d'affichage tête haute directement sur le pare-brise du véhicule ; en effet, le temps nécessaire au mouvement des yeux (temps de détournement) pour visionner l'information, ajouté au temps d'accommodation et de lecture de l'œil (temps de fixation), ajouté au temps de retour (temps de détournement) est de 1 seconde dans l'environnement conventionnel avec tableau de bord ; il
15 est de 0,5 seconde en vision tête haute ; cette réduction de temps global de perception d'une information correspond à un parcours du véhicule de 8 mètres à 60 kilomètres à l'heure.

20 Ces dispositifs nécessitent que l'image soit projetée sur une surface transparente par l'intermédiaire d'un appareil optique, placé en dessous ou au-dessus de la planche à instruments ou du tableau de bord, comportant plusieurs lentilles et miroirs. Ainsi, ces dispositifs s'apparentant à des rétroprojecteurs sont encombrants et nécessitent des aménagements dans l'habitacle de pilotage.

25

Une autre solution consiste à projeter l'image sur la visière d'un casque ; cette solution adoptée par les pilotes de chasse permet notamment d'afficher une vue synthétique de derrière ; elle est également adoptée par les chirurgiens en tant qu'aide à la conduite d'opérations chirurgicales, ainsi que par les
30 motocyclistes.

La solution la plus ergonomique consiste à projeter l'image directement sur la rétine ; cette solution nécessite cependant la prise en compte du mouvement de l'œil, un temps de latence faible, un champ de vision horizontal et vertical voisin de celui de l'œil et une auto collimation à l'infini de l'image permettant
5 l'accommodation naturelle de l'œil.

Les dispositifs actuels consistent à placer un module optique, monté sur un casque, proche de l'œil ; le module optique utilise soit une source de type laser soit des afficheurs de type LCD, LCoS ou OLED et des architectures optiques
10 particulièrement encombrantes notamment lorsque les angles de champ de vision proposés à l'utilisateur sont élevés ; ces encombrements augmentent d'autant plus avec le champ de vision proposé à l'utilisateur.

L'invention a donc plus particulièrement pour but de supprimer ces
15 inconvénients.

En mettant en œuvre un dioptre sensiblement elliptique comportant une surface semi réfléchissante, elle propose à cet effet :

- de positionner au voisinage du premier foyer (F) dudit dioptre
20 sensiblement elliptique (E) :
 - un foyer dit "source" constitué par le diaphragme d'un sténopé formant point de convergence d'une image générée par un afficheur lumineux, ou par une source lumineuse, ou
 - un afficheur lumineux dont chaque point objet génère un
25 faisceau tout d'abord convergent avant réflexion sur la surface semi réfléchissante dudit dioptre sensiblement elliptique, puis parallèle au voisinage de la pupille de l'œil,
- de positionner au voisinage du second foyer (F') dudit dioptre sensiblement elliptique (E), un foyer dit "image" constitué par la pupille ou le
30 centre de l'œil (OE) de l'observateur,

- de projeter au voisinage de la rétine de l'œil de l'observateur l'image générée par ledit afficheur lumineux ou par ladite source lumineuse, et réfléchi par la surface semi réfléchissante dudit dioptre sensiblement elliptique (E).

5

D'une façon plus précise, en ce qui concerne l'utilisation d'un afficheur lumineux, une optique génère, pour chaque point source, un faisceau tout d'abord convergent avant réflexion sur la surface semi réfléchissante. Après réflexion, les pinceaux lumineux contenant l'image inversée émise par l'afficheur arrivent alors collimatés au voisinage du second foyer dudit dioptre sensiblement elliptique.

10

L'utilisation d'un dioptre sensiblement elliptique permet en outre de réduire le diamètre de l'ensemble des faisceaux lumineux constituant l'image au voisinage du foyer dit "source" où est placée la source et donc les dimensions des optiques au voisinage de l'afficheur lumineux, lorsque un champ de vision élevé avec une collimation des faisceaux lumineux au voisinage de la pupille de l'œil est recherché.

15

Par ailleurs, en ce qui concerne l'utilisation d'un sténopé, parmi les pinceaux lumineux émis par l'afficheur lumineux, seuls peuvent traverser le sténopé situé au voisinage du premier foyer, les pinceaux compris dans les cônes dont les sommets situés sur l'afficheur lumineux et s'appuyant sur le pourtour dudit sténopé ; l'ensemble de ces pinceaux lumineux constitue une image inversée de celle générée par l'afficheur lumineux ; la dimension de chaque point image est déterminée, d'une part, par la dimension du sténopé et, d'autre part, par les distances séparant l'afficheur lumineux du sténopé et la distance séparant le plan contenant l'image et le sténopé.

25

Ainsi, les pinceaux lumineux contenant l'image inversée émise par l'afficheur sont ensuite réfléchis par la surface semi réfléchissante du dioptre

30

sensiblement elliptique puis focalisés au voisinage du second foyer dudit dioptré sensiblement elliptique compte tenu de l'existence du stigmatisme absolu entre deux points particuliers constituant les foyers de l'ellipse.

- 5 Par ailleurs, la pupille de l'œil étant située au voisinage du second foyer, considérée comme pouvant être assimilée à un diaphragme ou sténopé, est à son tour traversée par une image issue des susdits pinceaux lumineux réfléchis, laquelle image aboutit sur la rétine de l'œil.
- 10 Il est à noter que l'œil d'une part et l'afficheur lumineux associé à son sténopé d'autre part, constituent deux chambres noires dont les "pupilles" sont conjuguées sur les deux foyers de l'ellipse constituant la surface semi réfléchissante du dioptré sensiblement elliptique.
- 15 Plusieurs modes d'exécution de l'invention seront décrits ci-après, à titre d'exemple non limitatif, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :
- la figure 1 est une représentation schématique du principe théorique du dispositif selon l'invention,
 - la figure 2 est une représentation schématique d'une première
20 version du dispositif,
 - la figure 3 est une représentation schématique d'une seconde version du dispositif,
 - la figure 4 est une représentation schématique d'une troisième version du dispositif,
 - 25 - la figure 5 est une modélisation du parcours des faisceaux lumineux dans le dispositif,
 - la figure 6 est un exemple numérique de la variation des "demi-cordes" en fonction de l'angle d'ouverture de la source lumineuse,
 - la figure 7 est une représentation schématique du parcours des
30 faisceaux lumineux permettant de visualiser la résolution optique du dispositif,

- la figure 8 est un exemple numérique de la variation de la résolution optique en fonction de l'angle de pointage du faisceau émis par la source lumineuse,
- 5 - la figure 9 représente la distorsion optique engendrée par le dispositif,
- la figure 10 est une représentation schématique d'une configuration permettant la parallélisation des faisceaux à l'entrée de l'œil,
- la figure 11 est une représentation schématique d'une première solution permettant la correction de la distorsion optique,
- 10 - la figure 12 est une représentation schématique d'un mode de réalisation concernant la première solution corrigeant les aberrations optiques notamment celles liées à la distorsion, pour un premier point du champ,
- 15 - la figure 13 est une représentation schématique du mode de réalisation concernant la première solution corrigeant les aberrations optiques notamment celles liées à la distorsion, pour un second point du champ,
- la figure 14 est une représentation schématique d'une seconde solution permettant la correction des aberrations optiques
20 notamment celles liées à la distorsion,
- les figures 15, 16, représentent de façon schématique deux autres modes de réalisation permettant d'obtenir des rayons parallèles à l'entrée de l'œil et une correction des aberrations optiques,
- la figure 17 est un arrangement du dispositif selon l'invention selon
25 les modes de réalisation représentés sur les figures 15, 16, et
- les figures 18, 19, représentent schématiquement un développement possible des modes de réalisation cités précédemment, permettant de réaliser un système de visualisation plus complet.

30 Dans l'exemple représenté sur la figure 1, le dispositif 1 selon l'invention est constitué :

- d'un dioptre sensiblement elliptique représenté par la demi ellipse E définie par son grand axe Δ , son petit axe Δ' , son centre O, et ses deux foyers F, F' situés sur le grand axe Δ , de part et d'autre du centre O,
- de deux chambres noires CN, CN' dont les pupilles sont situées respectivement au voisinage des foyers F, F'.

Ainsi, les faisceaux, issus de la chambre noire CN, traversent la pupille de ladite chambre noire CN, puis se réfléchissent sur la paroi concave du dioptre optique pour atteindre la chambre noire CN' après avoir traversé la pupille de ladite chambre noire CN' ; trois rayons symbolisent la trajectoire des susdits faisceaux, à savoir :

- le rayon $AM_A A'$ issu du point source A de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_A sur l'ellipse puis aboutissant au point image A' de la chambre noire CN',
- le rayon $BM_B B'$ issu du point source B de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_B sur l'ellipse puis aboutissant au point image B' de la chambre noire CN',
- le rayon $CM_C C'$ issu du point source C de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_C sur l'ellipse puis aboutissant au point image C' de la chambre noire CN'.

Dans l'exemple représenté sur la figure 2, le dispositif 1 selon l'invention est constitué :

- d'un dioptre sensiblement elliptique représenté par la demi ellipse E définie par son grand axe Δ , son petit axe Δ' , son centre O, et ses deux foyers F, F' situés sur le grand axe Δ , de part et d'autre du centre O,
- d'une chambre noire CN, dont la pupille est située au voisinage du foyer F,
- d'un œil OE, représenté schématiquement par un cercle et dont la pupille est située au voisinage du foyer F'.

Cette configuration constitue une première version du dispositif selon l'invention.

En effet, les faisceaux, issus de la chambre noire CN, traversent la pupille de ladite chambre noire CN, puis se réfléchissent sur la paroi concave du dioptré optique pour atteindre la rétine de l'œil OE après avoir traversé la pupille dudit œil OE ; trois rayons symbolisent la trajectoire des susdits faisceaux, à savoir :

- le rayon $AM_A A'$ issu du point source A de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_A sur l'ellipse puis aboutissant au point image A' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $BM_B B'$ issu du point source B de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_B sur l'ellipse puis aboutissant au point image B' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $CM_C C'$ issu du point source C de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_C sur l'ellipse puis aboutissant au point image C' de la rétine de l'œil OE.

On peut constater que cette première configuration autorise un champ de vision important ; elle nécessite néanmoins que l'œil soit fixe par rapport au dioptré sensiblement elliptique.

Dans l'exemple représenté sur la figure 3, le dispositif 1 selon l'invention est constitué :

- d'un dioptré sensiblement elliptique représenté par la demi ellipse E définie par son grand axe Δ , son petit axe Δ' , son centre O, et ses deux foyers F, F' situés sur le grand axe Δ , de part et d'autre du centre O,
- d'une chambre noire CN, dont la pupille est située au voisinage du foyer F,
- d'un œil OE, représenté schématiquement par un cercle et dont le centre est situé au voisinage du foyer F'.

Cette configuration constitue une deuxième version du dispositif selon l'invention.

En effet, les faisceaux, issus de la chambre noire CN, traversent la pupille de ladite chambre noire CN, puis se réfléchissent sur la paroi concave du dioptré optique pour atteindre la rétine de l'œil OE après avoir traversé la pupille dudit œil OE ; trois rayons symbolisent la trajectoire des susdits faisceaux, à savoir :

- le rayon $AM_A A'$ issu du point source A de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_A sur l'ellipse puis aboutissant au point image A' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $BM_B B'$ issu du point source B de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_B sur l'ellipse puis aboutissant au point image B' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $CM_C C'$ issu du point source C de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_C sur l'ellipse puis aboutissant au point image C' de la rétine de l'œil OE.

On peut constater que cette deuxième configuration ne permet pas un champ de vision important, étant donné que le champ perçu est limité par le diamètre de la pupille de l'œil ; elle autorise néanmoins le balayage du champ par le pivotement de l'œil.

Dans l'exemple représenté sur la figure 4, le dispositif 1 selon l'invention est constitué :

- d'un dioptré sensiblement elliptique représenté par la demi ellipse E définie par son grand axe Δ , son petit axe Δ' , son centre O, et ses deux foyers F, F' situés sur le grand axe Δ , de part et d'autre du centre O,
- d'un laser LA émettant un faisceau lumineux collimaté, d'orientation variable, dont le centre de déflexion est situé au voisinage du foyer F,

- d'un œil OE, représenté schématiquement par un cercle et dont la pupille est située au voisinage du foyer F'.

Cette configuration constitue une troisième version du dispositif selon
5 l'invention.

En effet, les faisceaux, issus du laser LA, sont défléchis au voisinage du foyer F, puis se réfléchissent sur la paroi concave du dioptré optique pour atteindre la rétine de l'œil OE après avoir traversé la pupille dudit œil OE ; trois rayons
10 symbolisent la trajectoire des susdits faisceaux, à savoir :

- le rayon FM_AA' issu du laser LA, se réfléchissant au voisinage du point M_A sur l'ellipse puis aboutissant au point image A' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon FM_BB' issu du laser LA, se réfléchissant au voisinage du point M_B sur l'ellipse puis aboutissant au point image B' de la rétine de l'œil OE,
- 15 - le rayon FM_CC' issu du laser LA, se réfléchissant au voisinage du point M_C sur l'ellipse puis aboutissant au point image C' de la rétine de l'œil OE.

On peut constater que l'image portée par le balayage du faisceau lumineux collimaté issu du laser A, est "inscrite" sur la rétine de l'œil OE.

20

D'une manière plus précise, le susdit faisceau lumineux collimaté possède un certain diamètre ; par conséquent, les rayons marginaux, parallèles au rayon principal vont converger après réflexion sur le dioptré sensiblement elliptique au voisinage de la pupille ; ainsi, le faisceau reçu par l'œil sera légèrement
25 divergent au voisinage de la rétine, provoquant une vision par ledit œil non conforme à la perception d'un objet placé à l'infini.

Ainsi, une divergence du faisceau capté par la rétine de 1mrad crée l'illusion d'un point source de 4 mm situé à 4 mètres.

30 Quant au champ de vision du dispositif selon cette troisième version, celui-ci est fonction de l'ouverture de balayage du faisceau lumineux collimaté.

D'une manière générale, on peut représenter la structure de propagation des rayons, décrits précédemment, issus du foyer F, se réfléchissant sur l'ellipse E et aboutissant au foyer F', sous une forme linéaire.

5

Dans l'exemple représenté sur la figure 5, la propagation des rayons est symbolisée par un axe de propagation Δ'' contenant les foyers F, F' ; le tronçon d'ellipse E réfléchissant les rayons est symbolisé par un segment de droite L perpendiculaire à l'axe de propagation Δ'' et situé entre les foyers F, F'.

10

Dans le cas d'un pixel donné d'un afficheur placé au voisinage du foyer F (foyer source), deux rayons issus de l'extrémité A, B, d'un pixel donné, sont situés à une distance D donnée en amont du foyer F. Ces rayons issus de l'extrémité A, B, d'un pixel, passent par le foyer F, et sont ensuite réfléchis par l'ellipse E, symbolisée par le segment de droite L, respectivement au voisinage des points M_A , M_B , puis passent par le foyer F', situé à une distance D' du segment de droite L, pour aboutir en deux points "images" A', B'.

15

Ainsi, l'angle $d\alpha'$ au sommet F', contenu entre les deux droites M_AA' et M_BB' est fonction de la distance entre les deux points M_A , M_B et de la distance D' qui sépare le segment de droite L et le foyer F' ; par ailleurs, la distance entre les points M_A , M_B est fonction de la distance qui sépare les deux points A, B et la distance D qui sépare les points A, B et le foyer F :

20

- soit $d\alpha$ l'angle au sommet F, contenu entre les deux droites M_AA et M_BB ,
- soit d_y la distance entre les deux points sources A, B,
- soit D la distance qui sépare les points sources A, B du foyer F,
- soit D' la distance qui sépare le segment de droite L du foyer F',
- soit $d\alpha'$ l'angle au sommet F', contenu entre les deux droites M_AA' et M_BB' ,

25

en considérant les deux points sources A, B comme étant la largeur d'un pixel élémentaire d'un afficheur matriciel lumineux,

30

- l'angle d'ouverture $d\alpha$ d'un pixel est donné par la relation :

$$\tan d\alpha \approx d\alpha = dy/D$$

- l'angle $d\alpha'$ sous lequel est vu le pixel par l'œil est donné par la relation :

$$\tan d\alpha' \approx d\alpha' = dy'/D'$$

5

A titre d'exemple numérique, un pixel de 25 μ m de diamètre, placé à une distance D de 50 mm du foyer F correspond à un angle d'ouverture voisin de 0,5 milliradian ; cette valeur est à rapprocher de l'acuité visuelle, proche de 0,3 milliradian, permettant de discerner un objet de 1 millimètre de diamètre à une distance de 4 mètres.

10

On supposera que l'ellipse E est caractérisée par :

- un demi grand axe de longueur a colinéaire avec l'axe Δ ,
- un demi petit axe de longueur b colinéaire avec l'axe Δ ,
- 15 - l'abscisse des foyers F, F' sur l'axe Δ respectivement c et $-c$.

Par ailleurs :

- soit i un point source quelconque, le rayon correspondant passant par le foyer F sera réfléchi sur le dioptré sensiblement elliptique au point M_i puis passera par le foyer F' pour donner un point image intermédiaire i' ,
- 20 - soit α l'angle, dit "angle de pointage", que fait la droite passant par les points i et F avec le grand axe Δ de l'ellipse E,
- soit FM_i la longueur de la première demi-corde,
- soit M_iF' la longueur de la deuxième demi-corde.

- 25 Les longueurs des demi-cordes FM_i et M_iF' sont définies par les relations suivantes :

$$FM_i = \frac{b^2 |c| \sqrt{(1 + \tan^2 \alpha)} \pm ab^2 (1 + \tan^2 \alpha)}{(b^2 + a^2 \tan^2 \alpha)} \quad (-\pi/2 < \alpha < \pi/2)$$

$$M_iF' = 2a - \frac{b^2 |c| \sqrt{(1 + \tan^2 \alpha)} \pm ab^2 (1 + \tan^2 \alpha)}{(b^2 + a^2 \tan^2 \alpha)} \quad (-\pi/2 < \alpha < \pi/2)$$

L'angle de pointage α peut varier de 0 à $\pi/2$; les longueurs des demi-cordes FM_i , M_iF' varient en conséquence, leur somme $FM_i + M_iF'$ restant constante, égale à $2a$.

5

A titre d'exemple, on supposera :

- $a = 30,46$ mm,
- $b = 28$ mm,
- $c = 12$ mm,
- 10 - l'excentricité de l'ellipse, soit $e = c/a = 0,39$,
- α variant de 0 à $\pi/2$,

la longueur de la demi-corde FM_i varie de 42,46 mm à 25,74 mm, et
la longueur de la demi-corde M_iF varie de 18,46 mm à 35,18 mm.

15

La figure 6 représente les variations desdites demi-cordes FM_i , M_iF .

Dans l'exemple représenté sur la figure 7, le dispositif 1 selon l'invention est constitué :

- d'un dioptre sensiblement elliptique représenté par la demi ellipse E définie
20 par son grand axe Δ , son petit axe Δ' , son centre O, et ses deux foyers F, F'
situés sur le grand axe Δ , de part et d'autre du centre O,
- d'une chambre noire CN, dont la pupille est située au voisinage du foyer F,
- d'un œil OE, représenté schématiquement par un cercle et dont la pupille
est située au voisinage du foyer F'.

25

Les faisceaux, issus de la chambre noire CN, traversent la pupille de ladite chambre noire CN, puis se réfléchissent sur la paroi concave du dioptre optique pour atteindre la rétine de l'œil OE après avoir traversé la pupille dudit œil OE ; six rayons symbolisent la trajectoire des susdits faisceaux, à

30

savoir :

- le rayon $A_1M_{A1}A_1'$ issu du point source A_1 de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_{A1} sur l'ellipse puis aboutissant au point image A_1' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $A_2M_{A2}A_2'$ issu du point source A_2 de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_{A2} sur l'ellipse puis aboutissant au point image A_2' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $B_1M_{B1}B_1'$ issu du point source B_1 de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_{B1} sur l'ellipse puis aboutissant au point image B_1' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $B_2M_{B2}B_2'$ issu du point source B_2 de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_{B2} sur l'ellipse puis aboutissant au point image B_2' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $C_1M_{C1}C_1'$ issu du point source C_1 de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_{C1} sur l'ellipse puis aboutissant au point image C_1' de la rétine de l'œil OE,
- le rayon $C_2M_{C2}C_2'$ issu du point source C_2 de la chambre noire CN, se réfléchissant au voisinage du point M_{C2} sur l'ellipse puis aboutissant au point image C_2' de la rétine de l'œil OE.

20 Soit :

- A_1A_2 la largeur du pixel A,
- B_1B_2 la largeur du pixel B,
- C_1C_2 la largeur du pixel C,
- $d\alpha$ l'angle d'ouverture du pixel correspondant,
- α l'angle de pointage correspondant aux rayons associés audit pixel.

Ainsi, l'angle $d\alpha'$ vu de l'œil à travers la pupille située au voisinage du foyer F' sera fonction de l'angle de pointage α ; l'angle $d\alpha'$ diminue quand α varie de 0 à $\pi/2$.

A partir de l'exemple numérique cité précédemment, on constate que pour α compris entre 0° et 20° , chaque pixel peut être vu par l'œil comme un point de 1 mm de rayon situé à une distance de 1 mètre ($d\alpha' = 1$ milliradian).

Pour α supérieur à 20° , chaque pixel peut être vu par l'œil comme un point de
5 rayon inférieur à 1 mm situé à une distance de 1 mètre ($d\alpha' < 1$ milliradian).

La figure 8 représente la variation de l'angle $d\alpha'$, exprimé en radian, en fonction de l'angle de pointage α , exprimé en degré, dans le cas d'un faisceau lumineux collimaté de 25 μm de diamètre (courbe en trait plein), et dans le cas
10 d'un sténopé de 25 μm de diamètre (courbe en trait pointillé).

Le champ de vision autorisé par le dioptré sensiblement elliptique est théoriquement de 180° ; néanmoins, ce champ de vision est limité, d'une part, par la pupille de l'œil et, d'autre part, par l'agencement des composants
15 constituant le dispositif.

On sait, par ailleurs, que le champ de vision horizontale de l'œil est de 120° environ ; quant au champ de vision verticale de l'œil, il est voisin de 60° .

20 Ainsi qu'il a été décrit précédemment, le champ de vision peut atteindre 60° avec une résolution inférieure à 1 milliradian, l'angle de pointage devant être supérieur à 20° .

L'angle d'ouverture $d\alpha$ d'un pixel est donné par la relation :

25
$$\tan d\alpha \approx d\alpha = dy/D$$

L'angle $d\alpha'$ sous lequel est vu le pixel par l'œil est donné par la relation :

$$\tan d\alpha' \approx d\alpha' = dy'/D'$$

On constate que le rapport $d\alpha'/d\alpha$ n'est pas constant en fonction de l'angle de
30 pointage α ; par ailleurs, ce rapport est supérieur à 1 ; en d'autres termes, le

dioptre sensiblement elliptique provoque un effet de grossissement variable en fonction de l'angle de pointage.

Ceci est représenté par la figure 9 indiquant la variation du rapport $d\alpha'/d\alpha$;
5 l'angle de pointage α variant de 0 à $\pi/2$, le rapport $d\alpha'/d\alpha$ varie de 2,7 à 1,4.

En conséquence, les pixels situés en bordure de l'afficheur lumineux paraîtront plus grands que ceux situés au centre dudit afficheur lumineux ; il s'agit en l'occurrence d'un effet de distorsion provoqué par le dioptre
10 sensiblement elliptique.

Diverses solutions sont envisageables :

- la compression de l'image source suivant une fonction mathématique réciproque à l'aide d'un procédé informatique,
- 15 - l'inclinaison de l'image source de manière à ce que les pixels situés en bordure soient vus sous un angle plus faible que ceux situés à l'extrémité opposée,
- l'implantation d'un système optique générant une aberration de distorsion inverse, de manière à compenser la distorsion provoquée par le dioptre
20 sensiblement elliptique.

Par ailleurs, on constate que les rayons lumineux traversant la pupille de l'œil ne sont pas rigoureusement parallèles ; une légère convergence dans l'exemple numérique précédemment cité, est voisine de 0,5 milliradian ; ceci a pour effet
25 de fatiguer l'œil durant une observation prolongée sachant que l'accommodation naturelle de l'œil s'effectue pour un objet situé à l'infini.

Selon l'invention, une configuration optique consistant à générer pour chaque point objet un faisceau plus large constitué de rayons dont l'angle de pointage
30 est tel que les rayons convergent en un point unique, puis sont réfléchis sur le

dioptre sensiblement elliptique E avant d'aboutir en rayons parallèles au voisinage du deuxième foyer F'.

5 Cette configuration permet, d'une part, de moins fatiguer l'œil et, d'autre part, d'améliorer le contraste étant donné qu'à chaque point objet correspond non pas un rayon unique mais un tronçon de rayons plus large.

Dans l'exemple représenté sur la figure 10, le dispositif 1 selon l'invention est constitué d'un dioptre sensiblement elliptique représenté par la demi ellipse E
10 définie par son grand axe Δ , son petit axe Δ' , son centre O, et ses deux foyers F, F' situés sur le grand axe Δ , de part et d'autre du centre O.

La chambre noire et l'œil sont disposés d'une manière identique à celle proposée dans les configurations précédentes, mais ne sont pas représentés.

15 Trois rayons symbolisent la trajectoire du faisceau associé à un point source ; ils sont issus de trois points A, B, C, situés sur un axe Δ''' , perpendiculaire à l'axe Δ et passant par le premier foyer F :

- le rayon $AM_A A'$ issu du point A, se réfléchissant au voisinage du point M_A sur l'ellipse puis aboutissant au point A' situé sur l'axe Δ , proche du second
20 foyer F',
- le rayon $BM_B B'$ issu du point B, se réfléchissant au voisinage du point M_B sur l'ellipse puis aboutissant au point B' situé sur l'axe Δ , proche du second foyer F',
- le rayon $CM_C C'$ issu du point C, se réfléchissant au voisinage du point M_C
25 sur l'ellipse puis aboutissant au point C' situé sur l'axe Δ , proche du second foyer F'.

On remarquera que les trois rayons réfléchis $M_A A'$, $M_B B'$, $M_C C'$ sont parallèles, ce qui autorise le déplacement de la pupille de l'œil sans perte de
30 champ de vision.

Ce résultat est obtenu en faisant converger les trois rayons incidents AM_A , BM_B , CM_C en un même point I situé dans l'espace défini par la droite Δ''' et l'ellipse E.

Ainsi, en faisant converger chaque point source de l'afficheur lumineux sur
5 des points de convergence suivant une certaine courbe, on réalise en quelque sorte une "distorsion inverse" des points source à celle qu'engendre intrinsèquement le dioptré sensiblement elliptique.

Dans l'exemple représenté sur la figure 11, chaque faisceau issu d'un point
10 source doit tout d'abord converger vers un point de convergence qui lui est propre avant de se réfléchir sur le dioptré sensiblement elliptique ; ceci est en effet la condition nécessaire et suffisante pour obtenir des faisceaux parallèles entrant dans la pupille de l'œil pour chacun des points sources.

15 L'ensemble des différents points de convergence suit une courbe E'.

Par ailleurs, on peut constater que l'angle d'ouverture des faisceaux au
voisinage de la susdite courbe E' est constant ; par conséquent, dans le cas de la troisième version, décrite précédemment, comprenant un laser, il est
20 possible d'associer au faisceau émis par ledit laser un système de balayage et une lentille convergente à focale variable et ainsi de faire converger le faisceau émis par le laser vers le susdit point de convergence qui est associé à chaque point de l'image portée par le balayage dudit faisceau.

25 Avantageusement, le susdit système de balayage, associé à lentille convergente à focale variable, peut être constitué de deux miroirs à balayage galvanométrique.

Dans l'exemple représenté sur les figures 12, 13, un mode de réalisation est
30 proposé concernant la première solution, décrite précédemment, corrigeant la

distorsion optique, respectivement pour un premier point du champ et un second point du champ.

Comme indiqué sur les figures 12, 13, la source laser LA collimaté est suivie
5 d'une lentille à focale variable LV et de deux miroirs M_1 , M_2 , à balayage galvanométrique.

Dans l'exemple représenté sur la figure 12, pour un point A du champ, lesdits miroirs M_1 , M_2 , sont positionnés angulairement selon respectivement les
10 angles M_{1A} , M_{2A} (définis selon le sens trigonométrique par rapport au grand axe Δ) ; par ailleurs, la focale F_A de la lentille à focale variable LV est telle que les rayons du faisceau laser, après réflexion sur les deux miroirs M_1 , M_2 , focalisent en un point I_A , puis, après réflexion sur le dioptré sensiblement elliptique E, aboutissent collimatés à proximité de l'œil avec un angle θ_A
15 correspondant au susdit point A dans le champ.

Dans l'exemple représenté sur la figure 13, pour un point B du champ, lesdits miroirs M_1 , M_2 , sont positionnés angulairement selon respectivement les angles M_{1B} , M_{2B} (définis selon le sens trigonométrique par rapport au grand
20 axe Δ) ; par ailleurs, la focale F_B de la lentille à focale variable LV est telle que les rayons du faisceau laser, après réflexion sur les deux miroirs M_1 , M_2 , focalisent en un point I_B , puis, après réflexion sur le dioptré sensiblement elliptique E, aboutissent collimatés à proximité de l'œil avec un angle θ_B correspondant au susdit point B dans le champ.

25

Ainsi, chaque point i de l'image est décrit par un triplet de tensions (V_{LV_i} , V_{M1i} , V_{M2i}) correspondant respectivement aux tensions électriques appliquées sur la lentille à focale variable LV et sur les miroirs M_1 , M_2 , à balayage galvanométrique.

30

Cette solution, utilisant un système à focale variable, (à partir de lentille existante de 8 mm de diamètre, par exemple) et deux miroirs à balayage galvanométrique, constitue une première solution permettant de supprimer la convergence des rayons traversant la pupille de l'œil.

5

Une seconde solution, permettant de supprimer cette distorsion, consiste à introduire dans le trajet des rayons une seconde distorsion rigoureusement inverse en utilisant un second dioptre sensiblement elliptique identique au premier.

10

Dans l'exemple représenté sur la figure 14, le dispositif 1 selon l'invention est constitué :

- de deux dioptres sensiblement elliptiques E_1 , E_2 , disposés imbriqués, dont les grands axes Δ_1 , Δ_2 sont colinéaires, deux de leurs foyers sont confondus en un même point O, les deux autres foyers, respectivement F_1 , F'_2 , sont équidistants de part et d'autre dudit point O,
- d'une lentille convergente LE située au voisinage du point O,
- une source lumineuse SO constituée d'un laser associé à un système à balayage, situé dans le premier dioptre sensiblement elliptique E_1 , ou d'un afficheur lumineux collimaté,
- l'œil, situé dans le deuxième dioptre sensiblement elliptique E_2 .

20

Les rayons émis par la source lumineuse SO convergent après réflexion sur le premier dioptre sensiblement elliptique E_1 , puis sont dirigés vers la lentille LE. Cette lentille LE assure un grandissement transversal égal à -1 dans l'exemple cité et fait converger les faisceaux avant réflexion sur le second dioptre sensiblement elliptique E_2 pour aboutir enfin au voisinage de l'œil OE sous forme de rayons parallèles associés à chaque point image, après réflexion sur le second dioptre sensiblement elliptique E_2 .

25

30

Il est à noter que dans le cas où le second dioptre optique est rigoureusement identique au premier dioptre optique, la lentille LE doit permettre un grandissement transversal égal à -1.

- 5 Cependant, pour réduire l'encombrement de l'ensemble du dispositif selon l'invention, on peut choisir un second dioptre optique plus petit que le premier dioptre optique, auquel cas on adaptera le grandissement transversal de la lentille LE.
- 10 D'autres configurations sont envisageables pour obtenir une focalisation des différents "points objets" suivant la courbure spécifique décrite précédemment, avant la réflexion effective sur le dioptre sensiblement elliptique.

Ces configurations peuvent constituer en l'implantation :

- 15 - d'un miroir sphérique hors axe et d'un groupe de lentilles,
 - d'un ou plusieurs groupes de lentilles sphériques ou asphériques,
 - d'un corps prismatique et d'un groupe de lentilles,
 - d'une matrice de micro-lentilles et d'un corps prismatique,
 - d'une fibre optique et d'un groupe de lentilles,
- 20 - d'éléments optiques dans lesquels des réseaux de diffraction (réseau blazé) ou des réseaux holographiques ("HOE : Holographique Optical Elements").

Dans les exemples représentés sur les figures 15, 16, le dispositif 1 selon l'invention, permet d'obtenir des rayons parallèles entrant dans la pupille de l'œil pour chacun des points sources comme indiqué sur les figures 10, 11.

Le dispositif est constitué:

- d'un dioptre sensiblement elliptique représenté par la demi ellipse E
- 30 définie par son grand axe Δ , son petit axe Δ' , son centre O, et ses

deux foyers F , F' situés sur le grand axe Δ , de part et d'autre du centre O .

- le foyer dit "source", constitué ici par un afficheur lumineux et un ou plusieurs groupes de lentilles alignés suivant l'axe Δ''' , est positionné au voisinage du premier foyer F dudit dioptré sensiblement elliptique E de telle sorte que les rayons arrivent parallèles au voisinage du second foyer F' dudit dioptré sensiblement elliptique E où est positionné le centre de l'œil OE de l'observateur.

10

Ce mode de réalisation, utilisant un ou plusieurs groupes de lentilles, présente l'avantage d'une configuration optique plus aisée à réaliser techniquement tout en permettant d'obtenir des faisceaux parallèles entrant dans la pupille de l'œil pour chacun des points sources avec une correction des aberrations optiques.

15

Dans l'exemple représenté sur la figure 15, où deux groupes de lentilles DL sont utilisées, la trajectoire de chacun des deux faisceaux est symbolisée par trois rayons, et chacun des faisceaux étant associés à un point source $SO1$, $SO2$.

20

Dans le cas d'un seul faisceau, ses trois rayons sont issus de trois points A , B , C , situés sur un axe Δ''' , perpendiculaire à l'axe Δ et passent par le premier foyer F :

- le rayon $AM_A A'$ issu du point A , se réfléchit au voisinage du point M_A sur l'ellipse puis aboutit au point A' situé sur l'axe Δ , proche du second foyer F' ,
- le rayon $BM_B B'$ issu du point B , se réfléchit au voisinage du point M_B sur l'ellipse puis aboutit au point B' situé sur l'axe Δ , proche du second foyer F' ,

- le rayon $CM_C C'$ issu du point C, se réfléchit au voisinage du point M_C sur l'ellipse puis aboutit au point C' situé sur l'axe Δ , proche du second foyer F' .

5 Les trois rayons réfléchis $M_A A'$, $M_B B'$, $M_C C'$ sont parallèles.

Ici, on notera que :

- les points A, B, C sont issus d'un même point source $SO1$ de l'afficheur lumineux,
- 10 - que ledit afficheur lumineux étant disposé sur l'axe optique peut être incliné d'un angle α ,
- chaque point source $SO1$, $SO2$, émet un faisceau lumineux,
- que tous les rayons principaux ou centraux se croisent au voisinage du foyer F et au voisinage du foyer F' .

15

Dans l'exemple représenté sur la figure 16, le dispositif 1, selon l'invention est constitué d'une manière identique à celui représenté sur la figure 15, hormis la présence d'un seul groupe de lentilles TL en lieu et place des deux groupes de lentilles DL.

20

Dans l'exemple représenté sur la figure 17, afin de rendre le dispositif 1 selon l'invention moins encombrant dans l'espace, un miroir de réflexion optique MRO est inséré sur le chemin optique au voisinage du foyer (F), de manière à pouvoir décaler de l'axe Δ'''' , l'alignement du ou des groupes de lentilles et
25 l'afficheur selon un angle choisi.

Dans le cas présent, il s'agit d'un mode de réalisation dérivé du dispositif 1 selon l'invention représenté sur la figure 15 et précédemment décrit.

Ainsi, l'exploitation du stigmatisme propre aux deux foyers d'une ellipse,
30 permet la réalisation d'un système optique monoculaire ou stéréoscopique autorisant la création d'images rétinienne ; ledit système optique proposé

permet la visualisation, par la rétine de l'œil, de réalités virtuelles, telles des images issues d'un afficheur matriciel lumineux ou portées par un système laser à balayage ; par ailleurs, le système optique permet la visualisation, par la rétine de l'œil, de réalités augmentées compte tenu des caractéristiques de
5 transparence et de semi réflexion du dioptré optique.

Bien entendu, les sections des dioptrés optiques, tels que décrits précédemment, pourront être de forme circulaire, ou sensiblement circulaire, lesdites sections étant définies en fonction du meilleur confort de visualisation
10 des susdites réalités augmentées ou virtuelles.

Dans les exemples représentés sur les figures 18, 19, un développement possible de quelques modes de réalisation selon l'invention est représenté, permettant de réaliser un système de visualisation plus complet.

15

Ce développement repose sur l'exploitation des miroirs de réflexion optique MRO, précédemment décrits.

Le dispositif est constitué :

- 20 - de deux dioptrés sensiblement elliptiques disposés l'un à côté de l'autre, représentés par leur demi ellipse respective, ED ou EG, définies chacune par leur grand axe respectif ΔD ou ΔG , leur petit axe respectif $\Delta D'$ ou $\Delta G'$, et leurs deux foyers respectifs FD, FD', ou FG, FG' situés sur leur grand axe respectif ΔD ou ΔG , de part et
25 d'autre de leur centre respectif OD, ou OG,
- d'un foyer dit "source", constitué dans ce cas, respectivement dioptré ED ou EG, par un afficheur lumineux, un miroir respectif, MROD OU MROG, un groupe de lentilles DLD ou DLG alignés suivant l'axe respectif $\Delta D''''$ ou $\Delta G''''$, est positionné
30 respectivement au voisinage du premier foyer FD ou FG dudit dioptré sensiblement elliptique ED ou EG, de telle sorte que les

rayons arrivent parallèles au voisinage du second foyer FD' ou FG' dudit dioptré sensiblement elliptique respectif ED ou EG où est positionné le centre de l'œil droit OED ou le centre de l'œil gauche OEG de l'observateur.

5

Ce développement offre la possibilité d'étendre le champ des capacités du procédé selon l'invention, dans le cadre d'une visualisation binoculaire ou stéréoscopique.

Avantageusement, on constate que :

- 10 - dans l'exemple représenté sur la figure 18, les dispositifs $P1$, $P2$ sont positionnés tous deux:

les foyers FD , FD' , FG , FG' situés sur le même plan géométrique,

- 15 les foyers FD , FG sont situés à l'extérieur et les foyers FD' , FG' sont situés à l'intérieur, en d'autres termes, les dispositifs $P1$, $P2$ sont positionnés de manière symétrique,

- dans l'exemple représenté sur la figure 19, les dispositifs $P1$, $P2$ sont positionnés tous deux :

- 20 l'alignement des foyers FD , FG , situé parallèlement à l'alignement des foyers FD' , FG' , en d'autres termes, l'axe ΔD est parallèle à l'axe ΔG ,

- 25 les dits alignements des foyers FD , FG , et des foyers FD' , FG' , sont positionnés "haut ; bas", en d'autres termes, les foyers FD , FG , sont positionnés vers le haut et les foyers FD' , FG' , sont positionnés vers le bas,

de telle sorte que les oculaires OED , OEG , soient positionnés dans le voisinage de leur foyer respectif FD' ou FG' .

- 30 Dans le cadre d'une utilisation normale de dispositifs, tels que décrits précédemment, il est souhaitable de tenir compte de tout l'éventail des utilisateurs possibles.

Sachant qu'un certain nombre d'utilisateurs potentiels portent des lunettes de correction optique due à une déficience naturelle de leur propre système oculaire, il est possible d'intégrer dans les dispositifs tels que décrits précédemment, des moyens de correction optique personnalisables en fonction
5 de chaque utilisateur.

Avantageusement, pour une meilleure réduction de l'encombrement, lesdits moyens de correction optique peuvent être placés au plus près des oculaires OED, OEG, en associant à chaque monture des dispositifs P1, P2, une branche
10 rigide, ladite branche rigide étant associée à la monture portant les moyens de correction optique.

Compte tenu que les utilisateurs potentiels présentent des différences de nature optique dans leur propre système oculaire ainsi que des différences de
15 morphologie, comme la distance inter pupillaire ou la forme céphalique par exemple, il est préférable de pouvoir intégrer dans les dispositifs tels que décrits précédemment, des moyens de réglage optiques personnalisables.

Revendications

- 5 1. Procédé pour la création d'images rétinienne utilisant le stigmatisme des deux foyers (F, F') d'un dioptr sensiblement elliptique (E) comportant une surface semi réfléchissante, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer :
- un positionnement au voisinage du premier foyer (F) dudit dioptr
10 sensiblement elliptique (E) :
 - d'un foyer dit "source" constitué par le diaphragme d'un sténopé formant point de convergence d'une image générée par un afficheur lumineux, ou par une source lumineuse, ou
 - d'un afficheur lumineux dont chaque point objet génère un
15 faisceau tout d'abord convergent avant réflexion sur la surface semi réfléchissante dudit dioptr sensiblement elliptique, puis parallèle au voisinage de la pupille de l'œil,
 - un positionnement au voisinage du second foyer (F') dudit dioptr
20 sensiblement elliptique (E), d'un foyer dit "image" constitué par la pupille ou le centre de l'œil (OE) de l'observateur,
 - une projection au voisinage de la rétine de l'œil de l'observateur de l'image générée par ledit afficheur lumineux ou par ladite source lumineuse, et réfléchi par la surface semi réfléchissante dudit dioptr sensiblement elliptique (E).
- 25
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la susdite image générée par l'afficheur lumineux est compressée suivant une fonction mathématique réciproque à la distorsion provoquée par le susdit dioptr sensiblement elliptique (E).

3. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que la susdite image générée par l'afficheur lumineux est
légèrement inclinée de manière à diminuer la distorsion provoquée par le
susdit dioptre sensiblement elliptique (E).

5

4. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'il comprend un système optique générant une distorsion
inverse de manière à compenser la distorsion provoquée par le susdit dioptre
sensiblement elliptique (E).

10

5. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé qu'il comprend un système à balayage et une lentille convergente à
focale variable associés à la source lumineuse.

15

6. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'il comprend deux dioptres sensiblement elliptiques
identiques séparés par une lentille convergente de grandissement transversal
égal à -1.

20

7. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'il comprend deux dioptres sensiblement elliptiques
différents séparés par une lentille convergente de grandissement transversal
différent de -1.

25

8. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1,
utilisant le stigmatisme des deux foyers (F, F') d'un dioptre sensiblement
elliptique (E) comportant une surface semi réfléchissante,
caractérisé en ce qu'il comprend :

- un foyer dit "source" constitué par :
 - le diaphragme d'un sténopé formant point de convergence d'une
image générée par un afficheur lumineux, ou par une source lumineuse, ou

30

- un afficheur lumineux dont chaque point objet génère un faisceau tout d'abord convergent avant réflexion sur la surface semi réfléchissante dudit dioptre sensiblement elliptique, puis parallèle au voisinage de la pupille de l'œil,
- 5 positionné au voisinage du premier foyer (F) dudit dioptre sensiblement elliptique (E),
- un foyer dit "image" constitué par la pupille ou le centre de l'œil (OE) de l'observateur, positionné au voisinage du second foyer (F') dudit dioptre sensiblement elliptique (E),
- 10 • une projection au voisinage de la rétine de l'œil de l'observateur de l'image générée par ledit afficheur lumineux ou par ladite source lumineuse, et réfléchiée par la surface semi réfléchissante dudit dioptre sensiblement elliptique (E).
- 15 9. Dispositif selon la revendication 8,
caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de correction optique adaptés au système oculaire de l'utilisateur.
- 20 10. Dispositif selon la revendication 9,
caractérisé en ce que les susdits moyens de correction optique adaptés au système oculaire de l'utilisateur sont réglables.

2/12

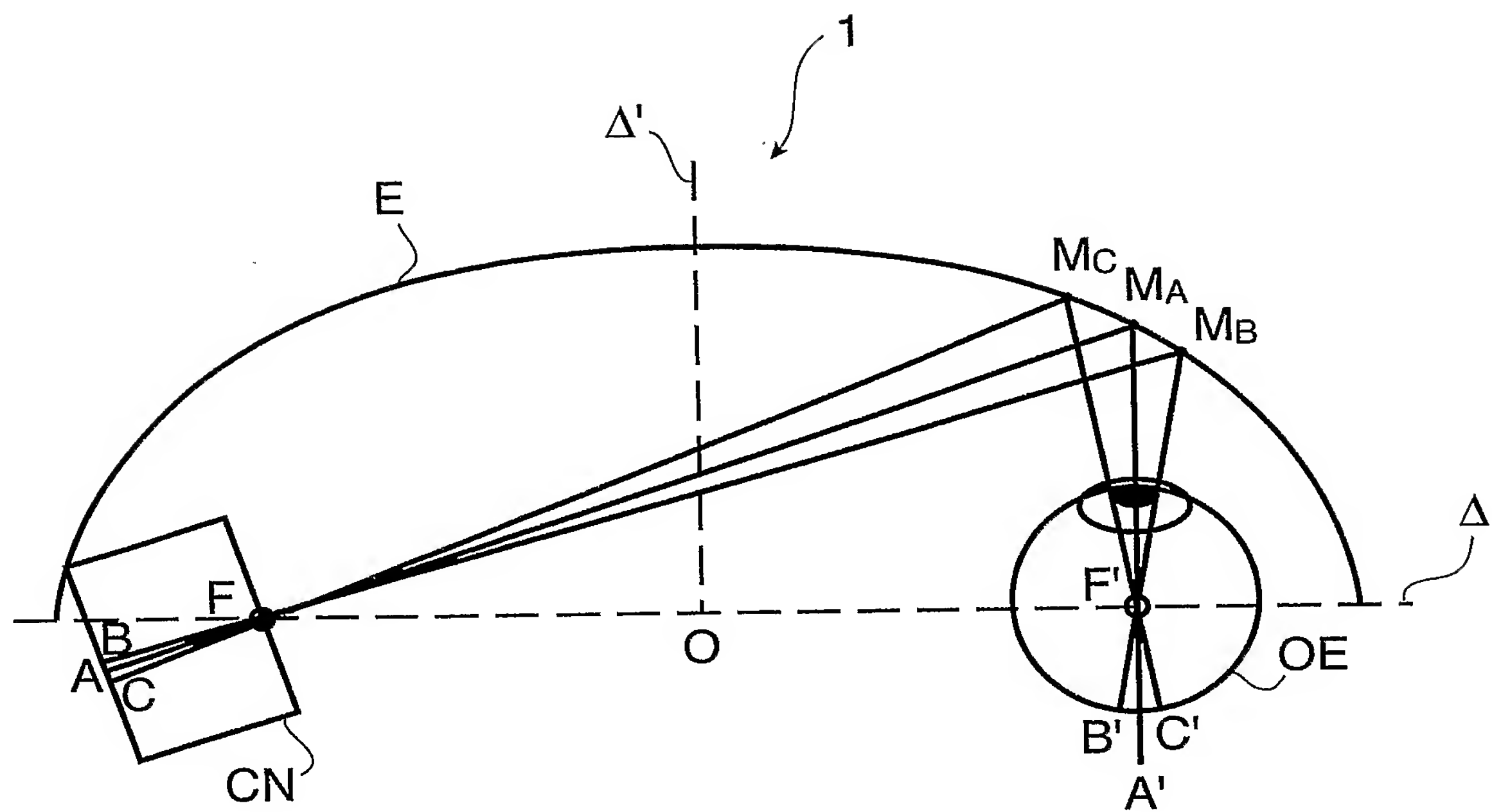


Figure 3

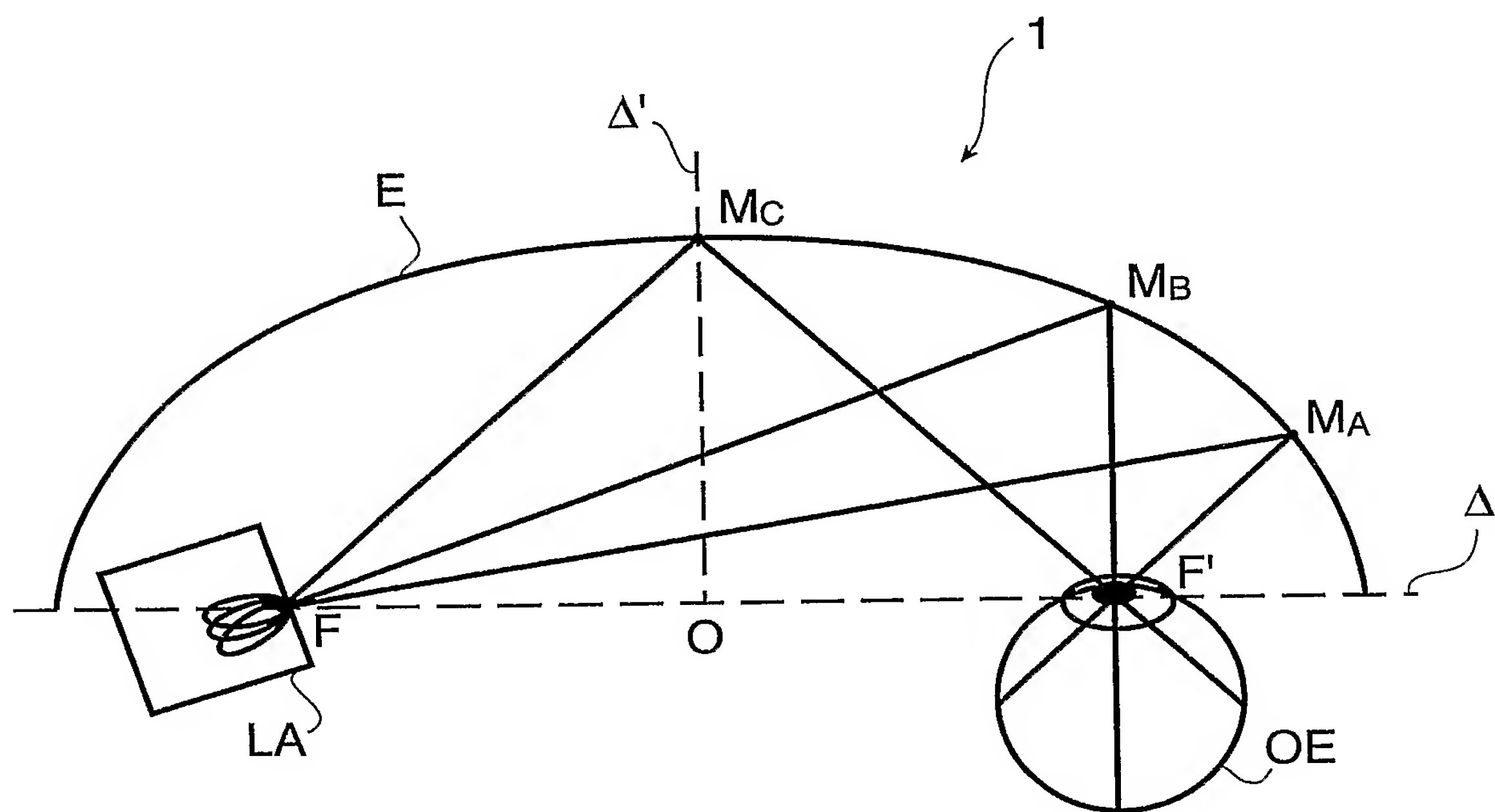


Figure 4

3/12

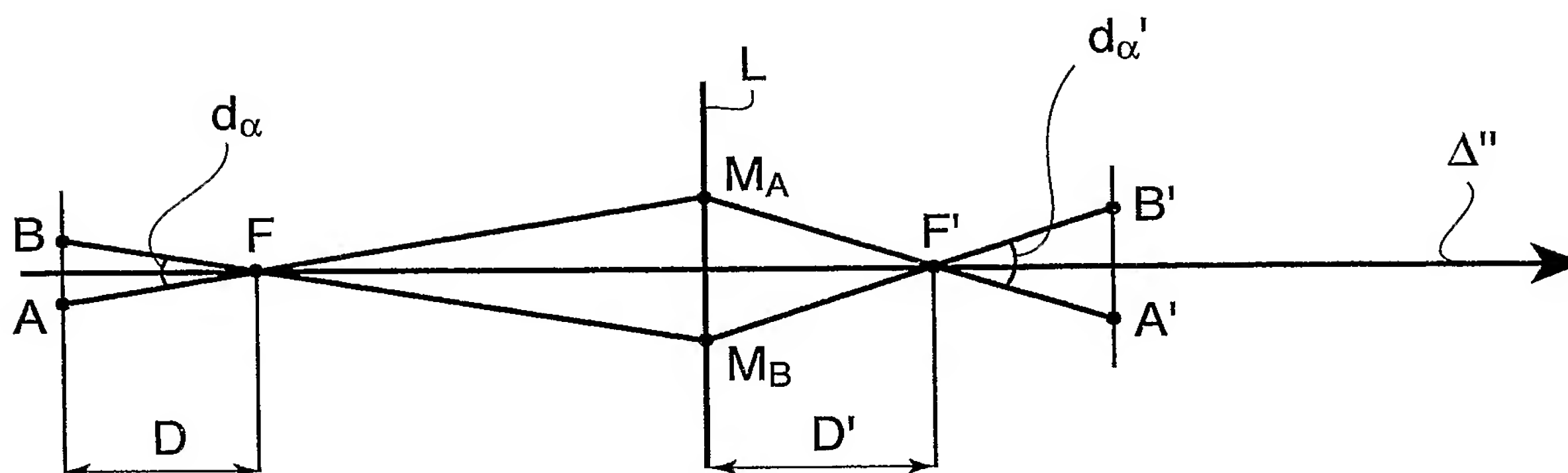


Figure 5

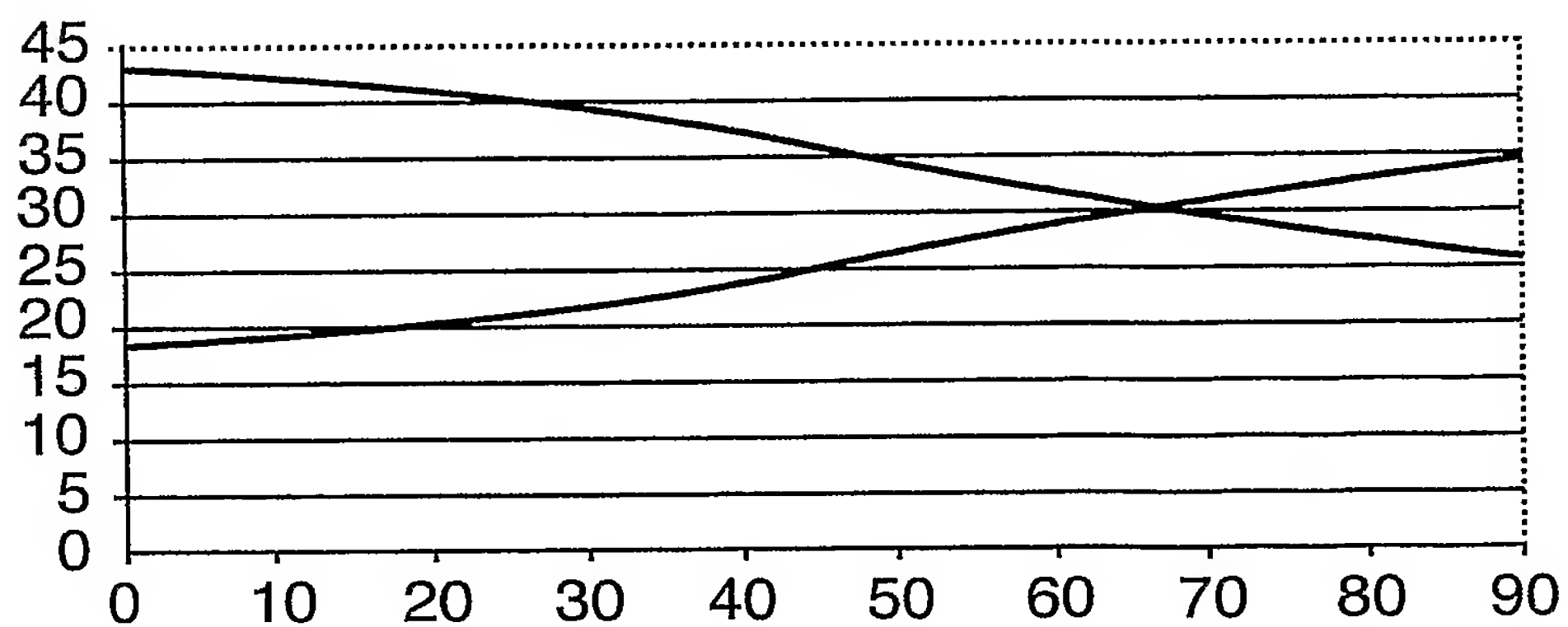


Figure 6

4/12

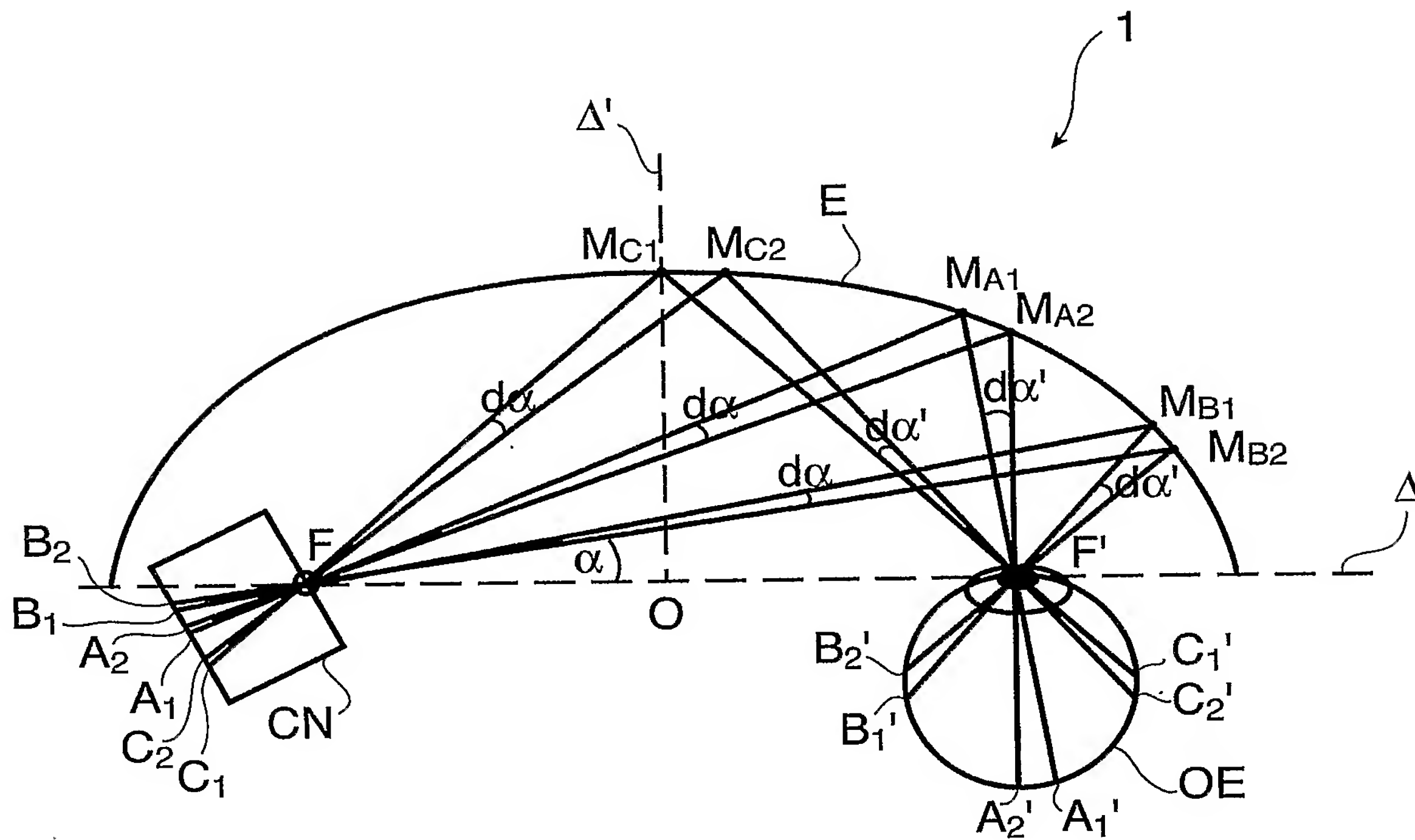


Figure 7

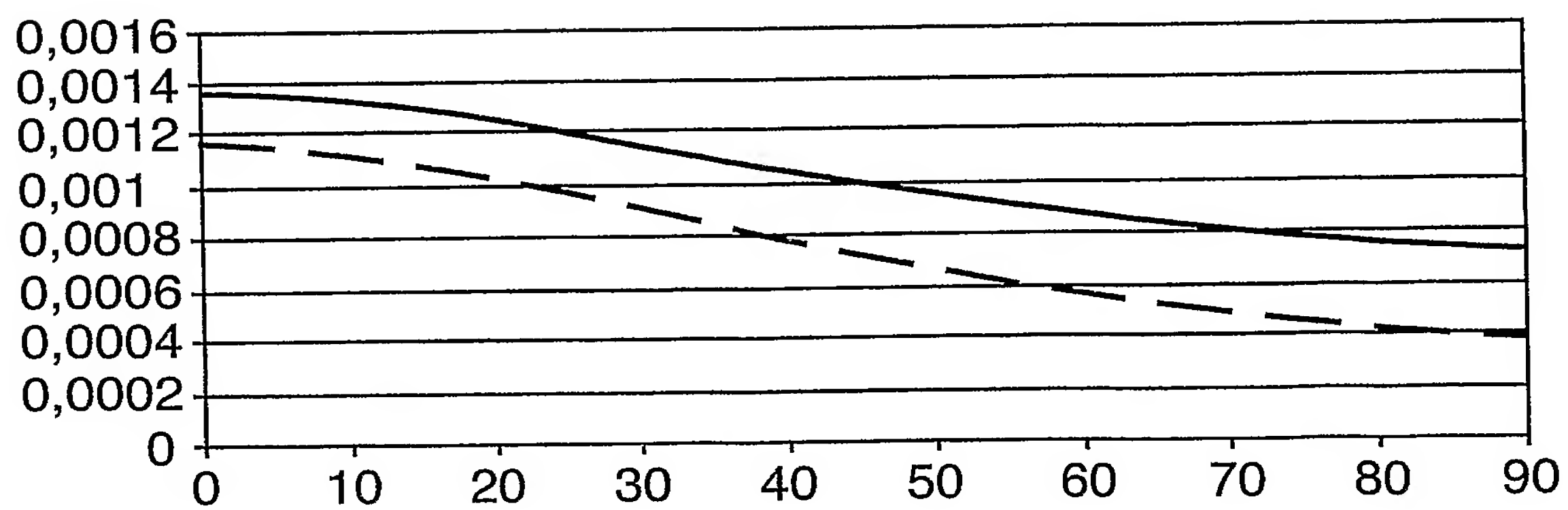


Figure 8

5/12

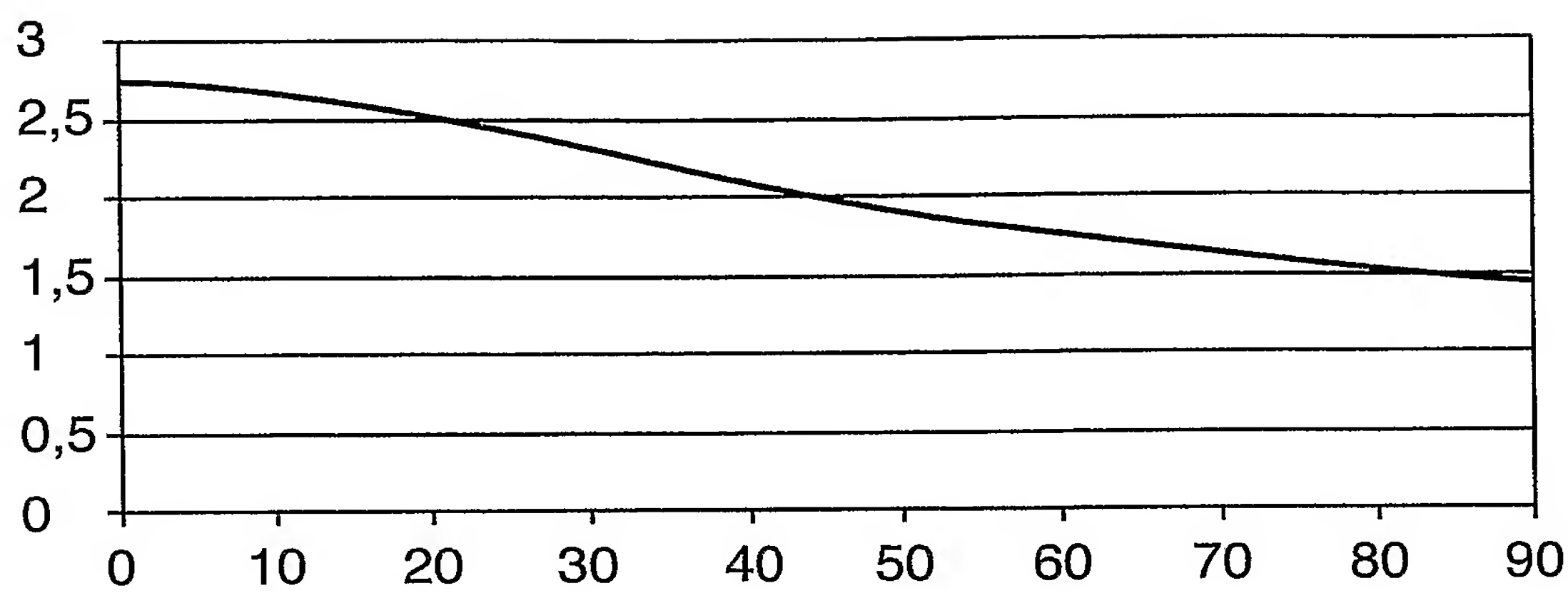


Figure 9

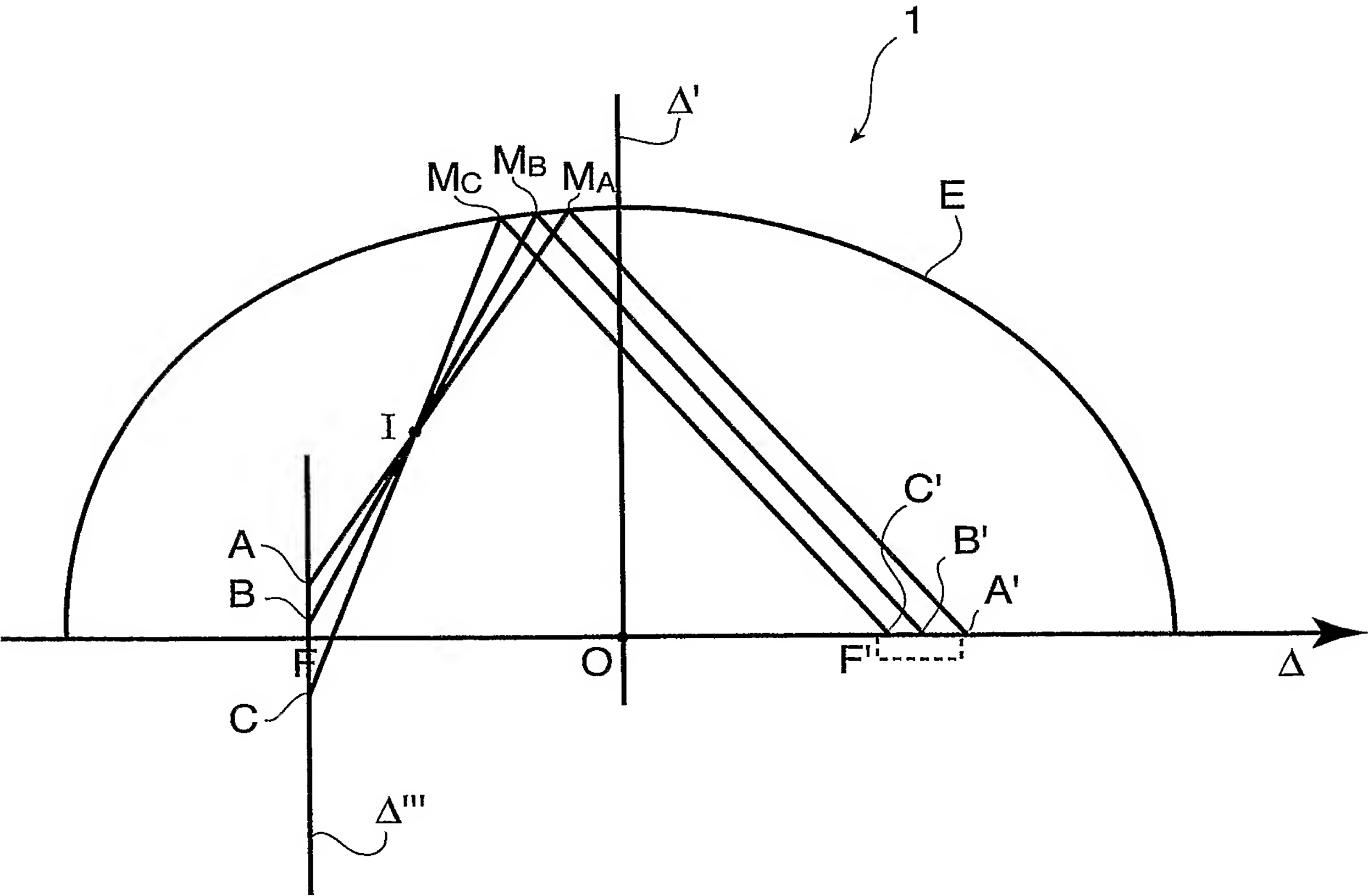


Figure 10

6/12

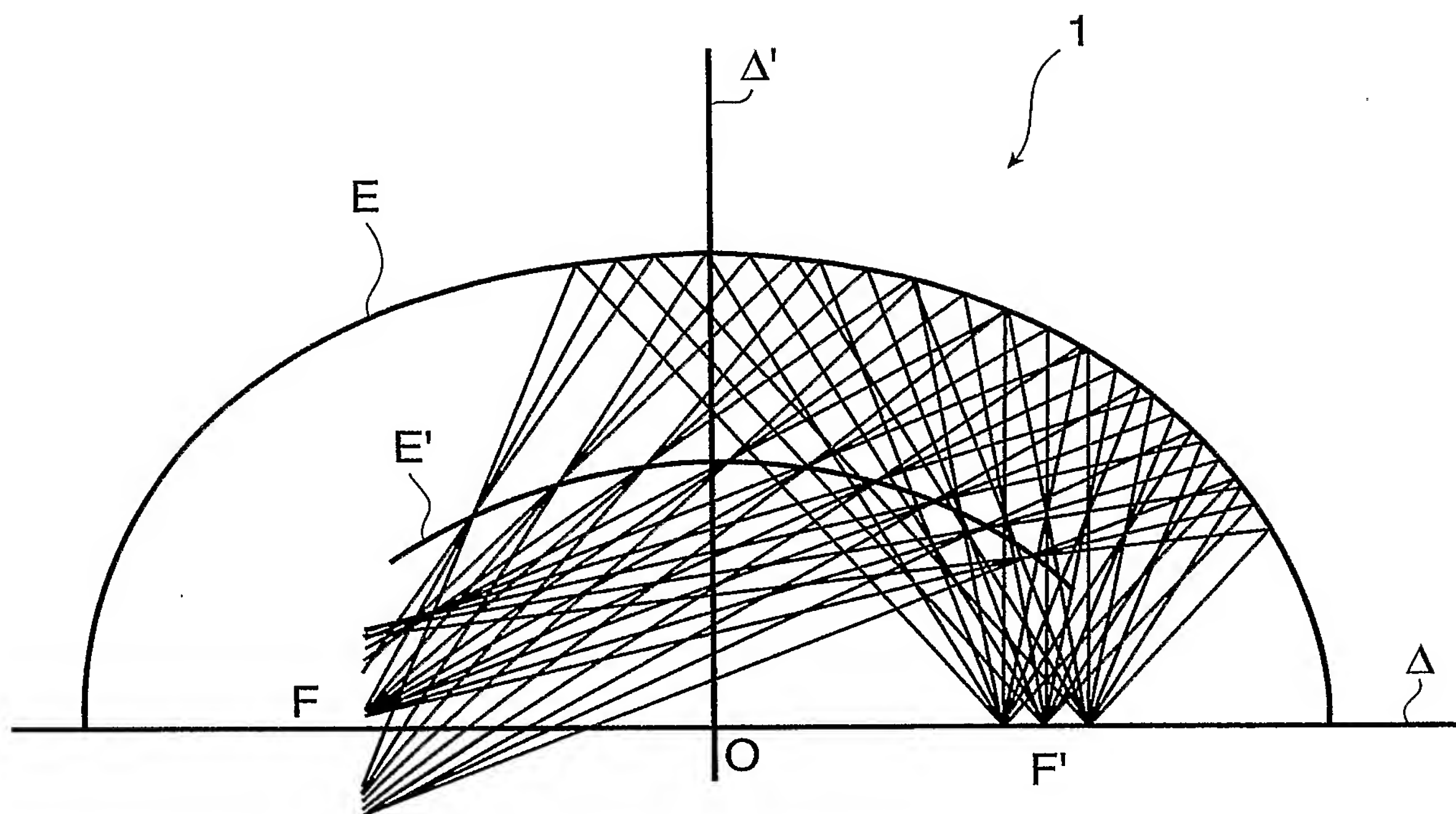


Figure 11

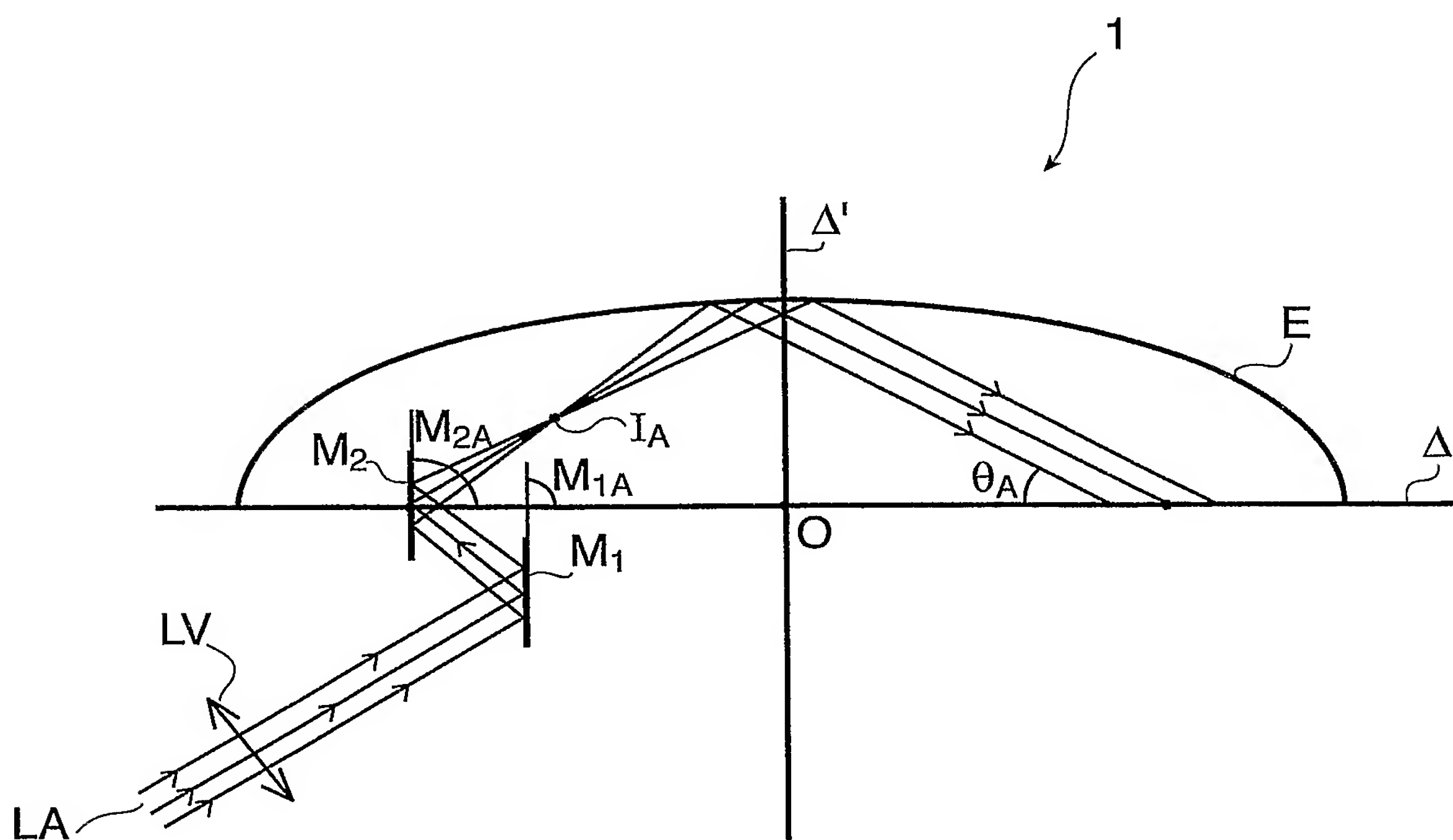


Figure 12

7/12

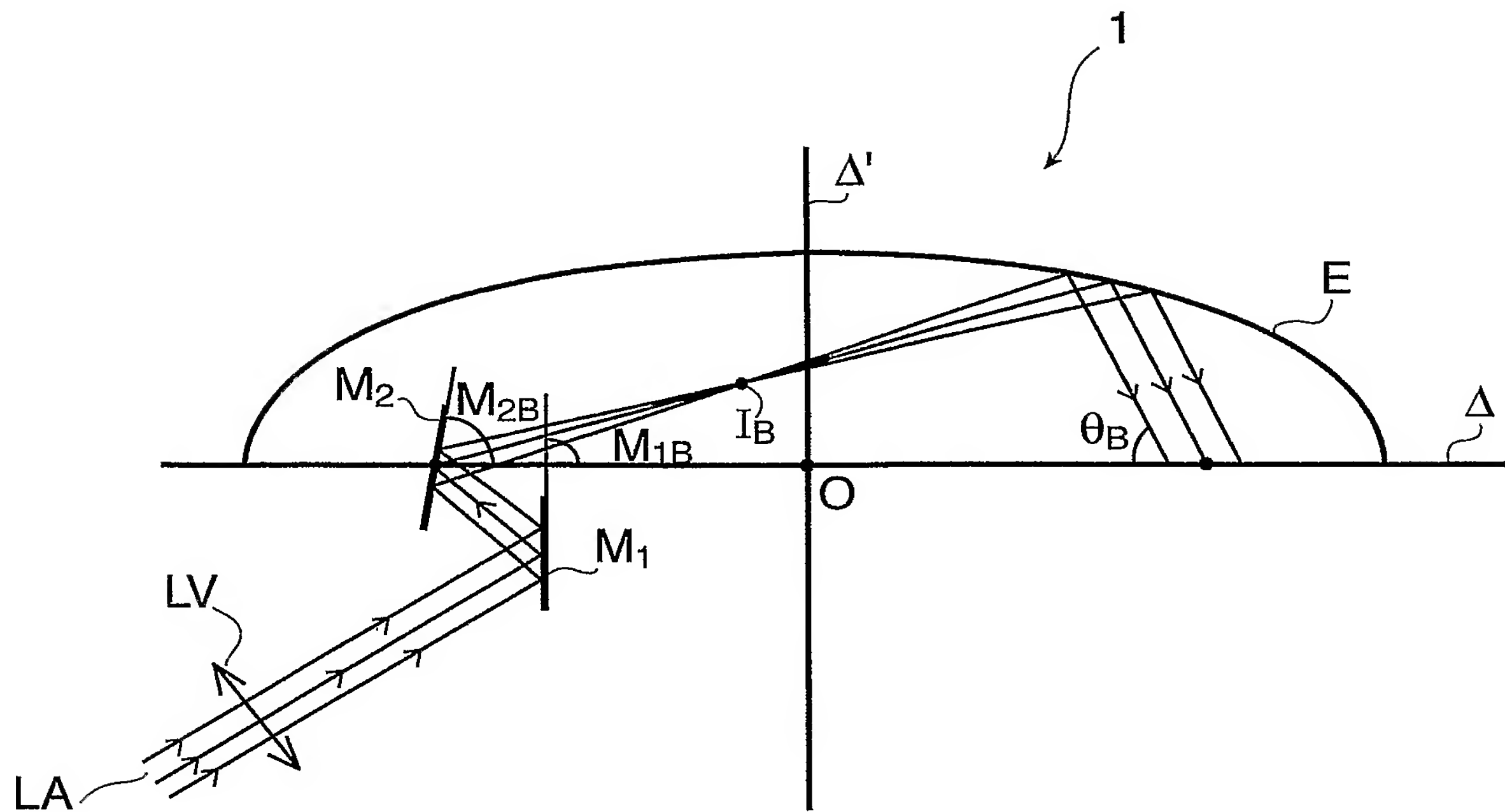


Figure 13

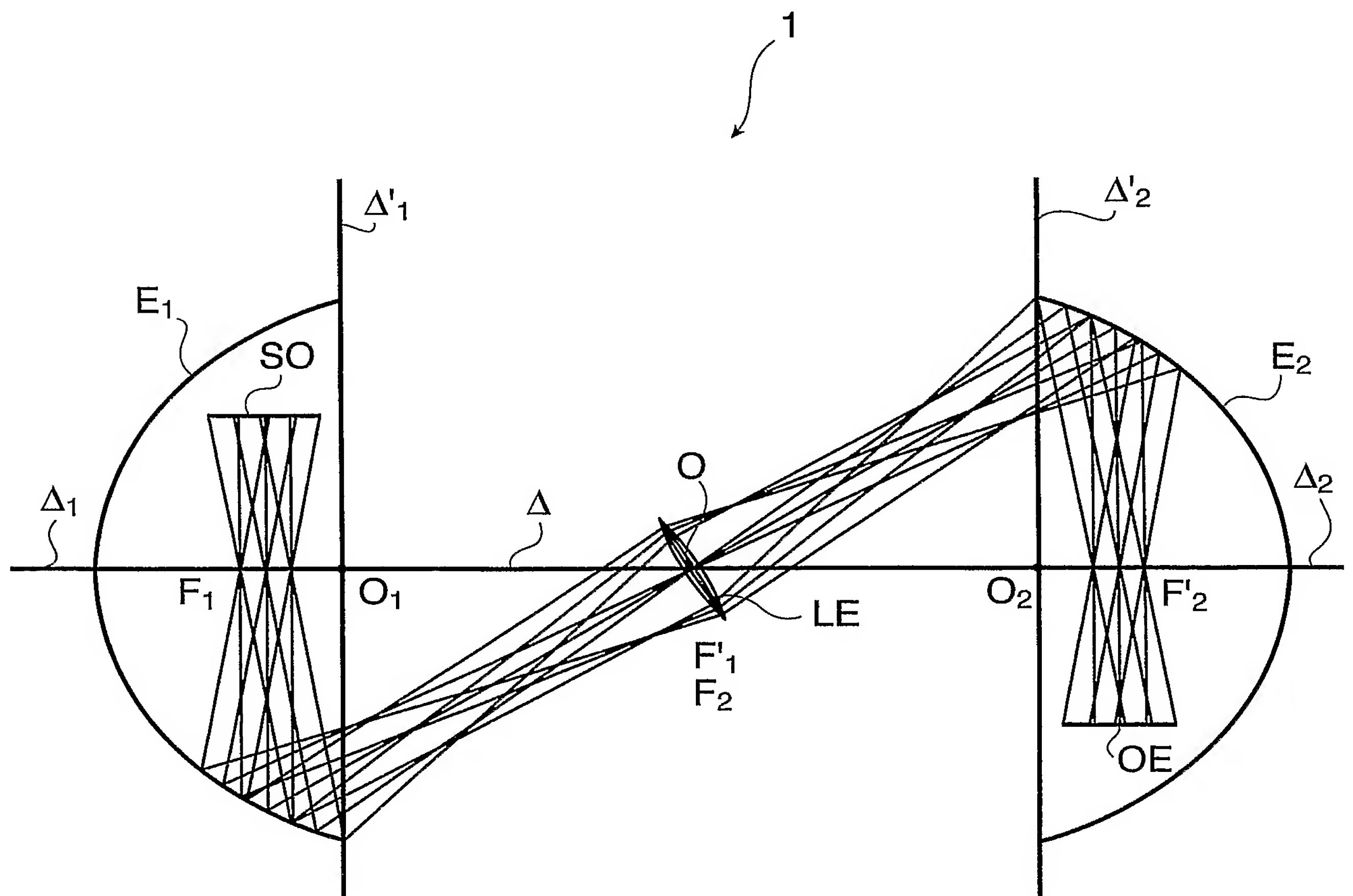


Figure 14

8/12

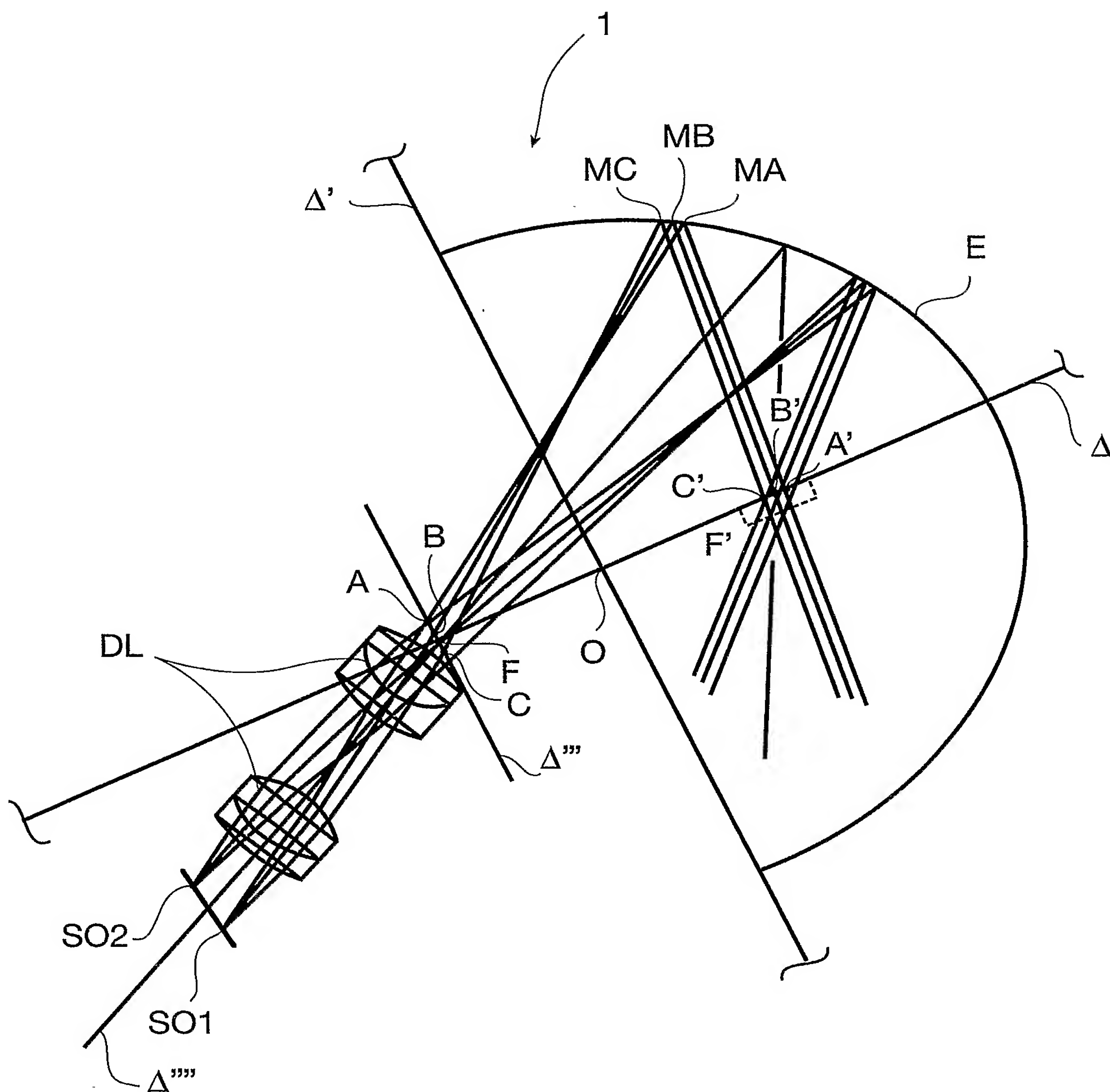


Figure 15

9/12

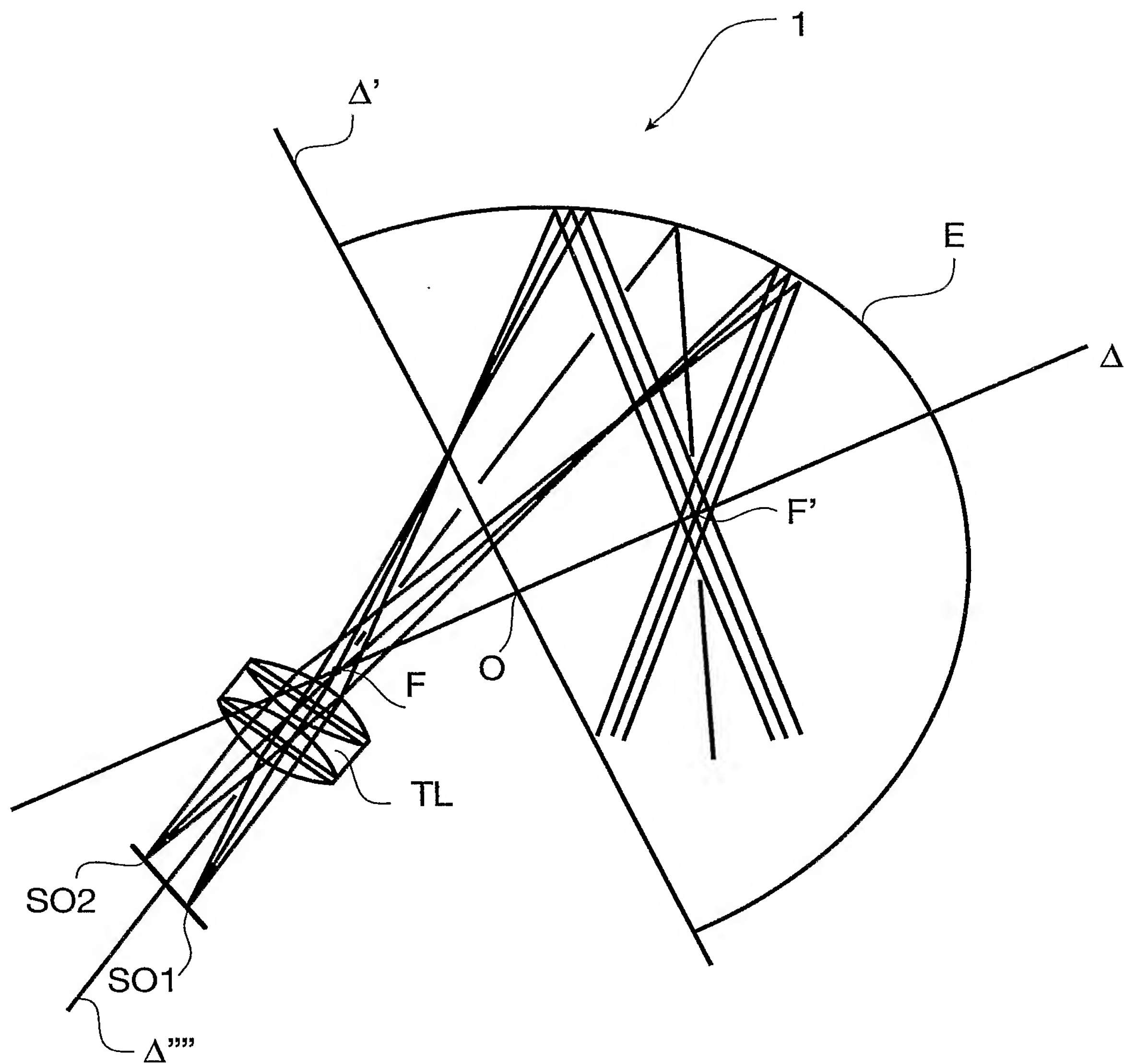


Figure 16

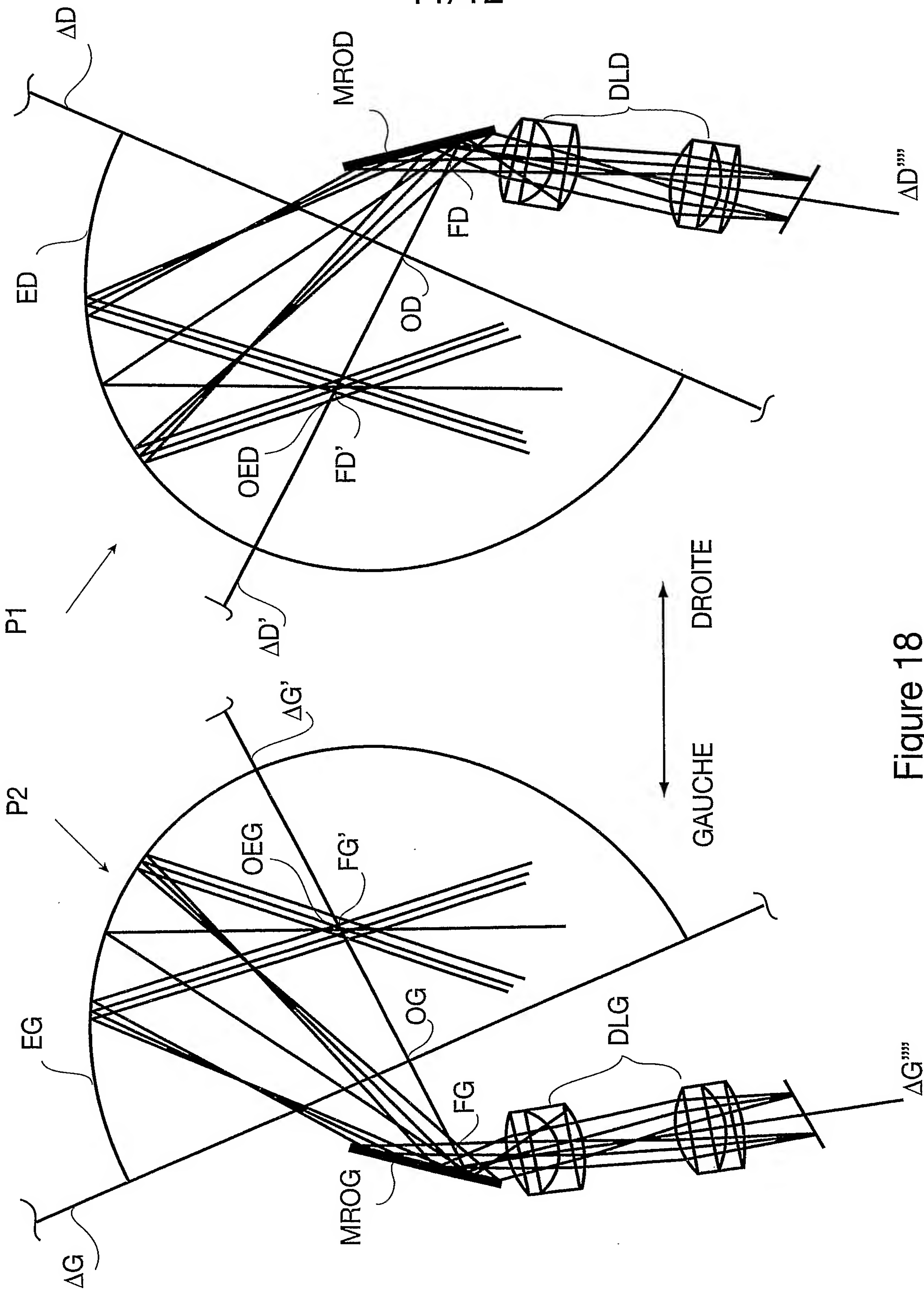


Figure 18

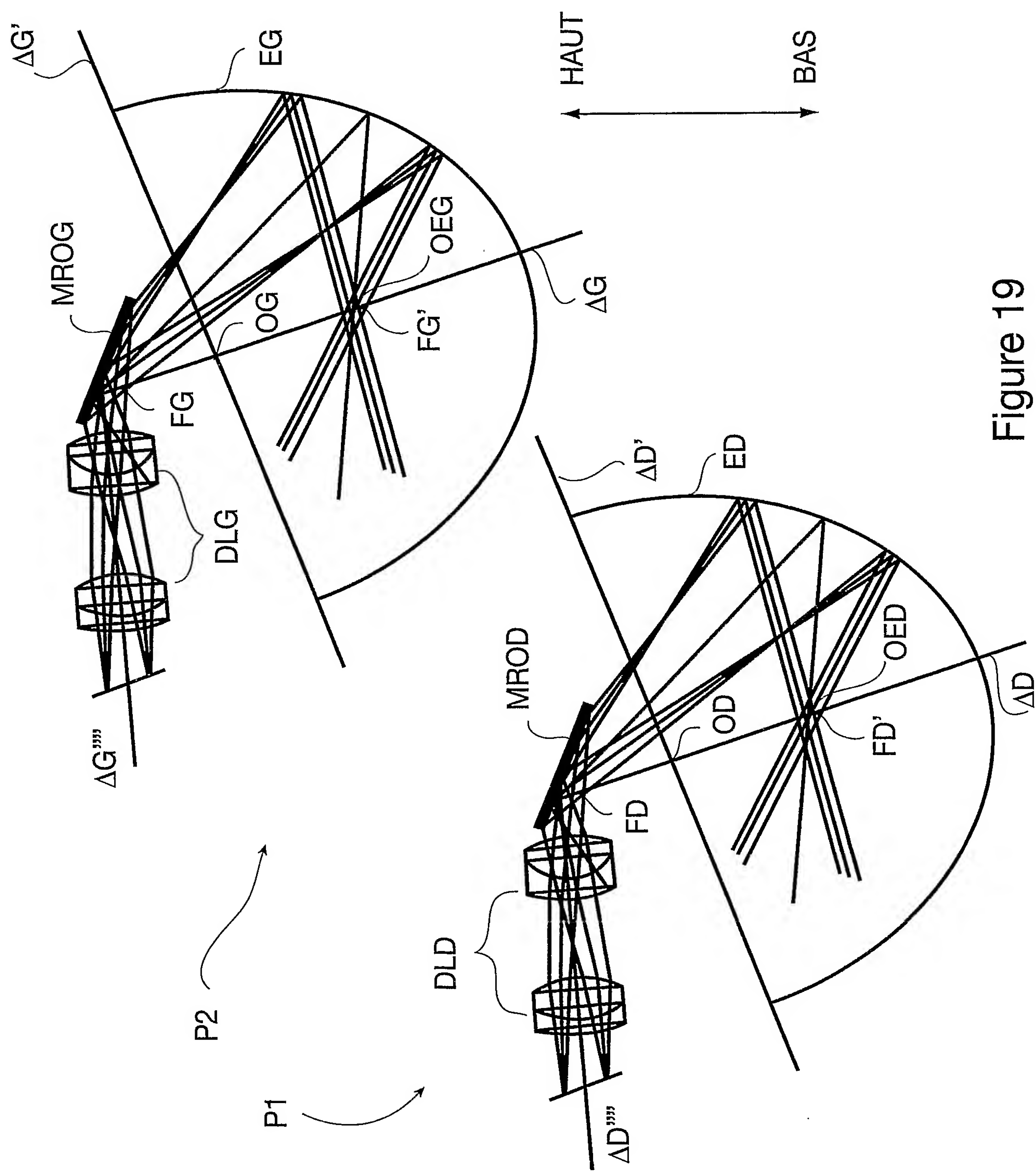


Figure 19